Određivanje korelacije između retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća

Modrić, Maja

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:389451

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Maja Modrić

ODREĐIVANJE KORELACIJE IZMEĐU RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA KOLNIKU I PROMETNIH NESREĆA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 21. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za prometnu signalizaciju**
Predmet: **Prometna signalizacija**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3898

Pristupnik: **Maja Modrić (0135229511)**
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: **Određivanje korelacije između retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća**

Opis zadatka:

Oznake na kolniku predstavljaju skup transverzalnih i longitudinalnih crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju prometne površine. Njihovim pravilnim ucrtavanjem, lijepljenjem, ugrađivanjem ili utiskivanjem smanjuje se klizavost kolnika i povećava sigurnost prometa. Osnovni cilj oznaka na kolniku usmjeren je na upozoravanje, vođenje i informiranje vozača te reguliranje prometa na optimalan način. Materijalima za izradu oznaka na kolniku dodaju se retroreflektivni elementi kako bi se povećala vidljivost oznaka na kolniku u uvjetima smanjene vidljivosti. Učestalost nastanka prometnih nesreća znatno ovisi o kvaliteti retrorefleksije oznaka na kolniku i trajnosti.
Zadatak diplomskog rada obuhvaća analizu prikupljenih podataka o vrijednostima retrorefleksije na pojedinim državnim cestama u Republici Hrvatskoj i broja prometnih nesreća s obzirom na posljedice i uvjete vidljivosti te njihovu međusobnu ovisnost. Pretpostavlja se da je ključni uzrok povećanja broja prometnih nesreća na istoj dionici ceste u promatranom razdoblju, smanjenje kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku. Analizom prikupljenih podataka potrebno je dobiti matematički izraz koji će potvrditi postojanje snažne korelacije retrorefleksije oznaka na kolniku i kretanja broja promenih nesreća.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

doc. dr. sc. Darko Babić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ODREĐIVANJE KORELACIJE IZMEĐU RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA KOLNIKU I PROMETNIH NESREĆA

DETERMINATION OF CORRELATION BETWEEN RETROREFLECTION OF ROAD MARKINGS AND TRAFFIC ACCIDENTS

Mentor: doc. Dr. sc. Darko Babić

Studentica: Maja Modrić

JMBAG: 0135229511

Zagreb, rujan 2017.

SAŽETAK

Oznake na kolniku sastavni su dio prometne signalizacije te predstavljaju skup longitudinalnih i transverzalnih crta, natpisa i simbola kojima se oblikuju površine prometne infrastrukture. Njihova osnovna svrha je omogućiti sigurno vođenje svih sudionika u prometu te upozoriti ih na opasna mjesta na prometnici. Postizanjem retrorefleksije oznaka noću na neosvijetljenim prometnicama i u nepovoljnim vremenskim uvjetima omogućuje se bolja vidljivost, pravovremeno uočavanje i prepoznavanje potencijalno opasnih situacija. Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi postoji li statistički značajna povezanost između retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća na državnim cestama Republike Hrvatske u periodu 2013.-2015. godine. U detaljnoj analizi statistički su obrađeni podaci o prometnim nesrećama s posljedicama i razine retrorefleksije oznaka te je uzet u obzir i parametar prosječnog godišnjeg dnevnog prometa. Dobiveni podaci potvrdili su početnu pretpostavku te se došlo do zaključka da slabljenjem koeficijenta retrorefleksije oznaka značajno se smanjuje vidljivost istih i povećava broj prometnih nesreća.

KLJUČNE RIJEČI: oznake na kolniku; prometne nesreće; sigurnost u prometu; retrorefleksija; korelacija

SUMMARY

Road markings are an integral part of traffic signaling and they represent a set of longitudinal and transversal lines, inscriptions and symbols that shape the surface of the traffic infrastructure. Their main purpose is to ensure the safe driving for all traffic participants and to warn them of dangerous spots on the road. By using retroreflection of road markings during night and in conditions of reduced visibility, it is possible to achieve better visibility, detection on time and recognition of potentially dangerous situations. The aim of this graduate thesis is to determine whether there is a statistically significant correlation between the retroreflection of road markings and traffic accidents on the state roads of the Republic of Croatia in the period 2013-2015. In conducted analysis, the data about traffic accidents with consequences and the level of the retroreflection were taken into account, as well as the parameter of average annual daily traffic. The obtained data confirmed the initial assumption and it was concluded that by lowering the retroreflection coefficient of the road markings, the visibility is being significantly reduced and the number of traffic accidents increased.

KEYWORDS: road markings; traffic accidents; traffic safety; retroreflection; correlation

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PODJELA, ZNAČENJE I KARAKTERISTIKE OZNAKA NA KOLNIKU 3
2.1. Podjela oznaka na kolniku 3
2.1.1. Uzdužne oznake na kolniku 4
2.1.2. Poprečne oznake na kolniku 6
2.1.3. Ostale oznake na kolniku 8
2.2. Karakteristike oznaka na kolniku 11
3. ELEMENTI UTJECAJA OZNAKA NA KOLNIKU 17
3.1. Materijali za izradu oznaka na kolniku 17
3.1.1. Oznake na kolniku izrađene bojom 18
3.1.2. Plastični materijali za izradu oznaka na kolniku 19
3.1.2.1. Termoplastika 19
3.1.2.2. Hladna plastika 20
3.1.3. Oznake na kolniku izrađene trakom 21
3.2. Ostali čimbenici koji utječu na vidljivost oznaka na kolniku 21
3.2.1. Širina oznake 21
3.2.2. Boja oznake 22
3.2.3. Vremenski uvjeti na cestama 22
3.2.4. Struktura kolnika 22
3.2.5. Vrsta vozila 23
4. METODE ISPITIVANJA VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU 24
4.1. Vrste ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku u RH 24
4.3. Metode statičkog i dinamičkog ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku 27
4.3.1. Statičko ispitivanje 27
4.3.2. Dinamičko ispitivanje noćne vidljivosti oznaka na kolniku 29
5. PROMETNE NESREĆE I POSLJEDICE S OBZIROM NA UVJETE VIDLJIVOSTI I VRSTU PROMETNE NESREĆE 31
5.1. Uzročnici prometnih nesreća 31
5.1.1. Čovjek 31
5.1.2. Vozilo 32
5.1.3. Cesta 32

5.1.4. Okolina 33
5.2. Utjecaj vidljivosti na sigurnost prometa 33
6. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI PROMETA NA CESTAMA REPUBLIKE HRVATSKE 34
7. ANALIZA KORELACIJE IZMEĐU RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA KOLNIKU I PROMETNIH NESREĆA 38
7.1. Metodologija prikupljanja podataka 38
7.2. Analiza korelacije retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća 39
8. ZAKLJUČAK 48
LITERATURA 50
POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA 52

1. UVOD

Cestovni promet predstavlja osnovu funkcioniranja ubrzanog i dinamičnog načina života suvremenog svijeta današnjice. Sve većim brojem vozila na prometnicama, nepoštivanjem propisanih zakona, ograničenja i pravila te nekvalitetnom prometnom infrastrukturom znatno se narušava sigurnost svih sudionika u prometu. Nepropisne radnje koje uzrokuje čovjek, zajedno s tehničkim karakteristikama prometnice, vremenskim uvjetima i drugim indirektnim čimbenicima mogu narušiti kvalitetno odvijanje prometnog toka te dovesti do konfliktnih situacija, odnosno prometnih nesreća.

Povećanjem broja prometnih nesreća na cestama Republike Hrvatske (RH), ali i diljem Europe, uvidjela se potreba za poduzimanjem nužnih mjera za prevenciju nastanka, smanjenja broja i ublažavanja posljedica već nastalih prometnih nesreća. Od 2006. do 2015. godine na cestama RH nastradalo je 194 tisuće osoba, od čega je njih 4 706 poginulo, 34 574 teško ozlijeđeno i 154 720 lakše [1]. Uzevši u obzir ukupan broj stanovnika RH, koji od 2006. iznosi oko 4 300 000 osoba, navedeni podaci o stradalim osobama predstavljaju ključan pokazatelj stanja nesigurnosti na hrvatskim prometnicama. Usprkos tome, stanje se postepeno poboljšava iz godine u godinu sustavnim pristupom i ulaganjem u prometnu infrastrukturu u kojoj značajno mjesto zauzima prometna signalizacija.

Pojam prometne signalizacije podrazumijeva sve prometne znakove, oznake na kolniku i ostalu opremu na cesti i uz cestu kojom se upozorava korisnike na moguće prepreke i opasne situacije, obavještava o prometnim ograničenjima, obvezama i zabranama, informira o pojedinim mjestima te regulira promet kako bi se uspostavio harmoniziran i kontinuiran prometni tok. Sastavni dio prometne signalizacije čine oznake na kolniku, koje se mogu definirati kao skup crta, natpisa i simbola kojima se oblikuju i zatvaraju prometne površine. Tijekom noći, sumraka i svitanja, odnosno u uvjetima smanjene vidljivosti, upravo su oznake na kolniku ključni elementi čijom se vidljivošću osigurava kretanje vozača u smjeru pružanja osi ceste. Vidljivost oznaka određena je koeficijentom retrorefleksije, čija vrijednost varira ovisno o strukturalnim značajkama oznake. Temeljitim i kontinuiranim ispitivanjima kvalitete oznaka na kolniku moguće je pratiti kretanje kvalitete samih oznaka te na temelju toga optimizirati aktivnosti održavanja oznaka kako bi se osigurala adekvatna vidljivost potrebna svim sudionicima u prometu.

Cilj ovog diplomskog rada je analizirati na koji način kvaliteta oznaka na kolniku, odnosno razina njihove retrorefleksije utječe na učestalost nastanka prometnih nesreća. Temeljni naglasak diplomskog rada postavljen je na određivanje korelacije retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća na državnim cestama RH. Strukturalno je rad podijeljen na osam poglavlja koja obuhvaćaju:

1. Uvod
2. Podjelu, značenje i karakteristike oznaka na kolniku
3. Elemente utjecaja oznaka na kolniku
4. Metode ispitivanja vidljivosti oznaka na kolniku

5. Prometne nesreće i posljedice s obzirom na uvjete vidljivosti i vrstu prometne nesreće

6. Analizu stanja sigurnosti prometa na cestama Republike Hrvatske

7. Analizu korelacije između retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća

8. Zaključak

Drugim poglavljem uvode se osnovni pojmovi vezani uz oznake na kolniku, definiraju se i objašnjavaju temeljna značenja, karakteristike i vrste oznaka na kolniku

Utjecaj temeljnih karakteristika oznaka na kolniku, opisanih u drugom poglavlju, na vidljivost i sigurnost korisnika, prikazana je u trećem poglavlju. Različite oznake, ovisno o mjestu primjene i intenzitetu prometa, izrađuju se od različitih materijala koji se međusobno razlikuju. Treće poglavlje stoga detaljno opisuje vrste materijala za izradu oznaka na kolniku.

Kako bi se utvrdile sve pojedinosti vezane uz već postavljene oznake, potrebno je provesti ispitivanja kvalitete. Metode i postupci ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku, a samim time i retrorefleksije detaljno su pojašnjeni u četvrtom poglavlju.

Petim poglavljem se definira prometna nesreća kao iznenadan i nepredvidiv događaj na cesti uzrokovan djelovanjem različitih čimbenika. Sukladno tome prikazana je temeljna podjela prometnih nesreća i podjela prometnih nesreća koje su se dogodile u različitim uvjetima vidljivosti.

Prikaz stvarnog stanja sigurnosti na cestama RH i kretanje broja prometnih nesreća dat je u šestom poglavlju. Također, u istom poglavlju prikazana je usporedba stanja i poduzetih mjera za poboljšanje sigurnosti na cestama RH u odnosu na druge europske zemlje s potaknutom vizijom provođenja programa smanjenja broja prometnih nesreća do 2020. godine.

Temeljni dio diplomskog rada prikazan je u sedmom poglavlju gdje se provođenjem statističkih analiza utvrđuje korelacija razine retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća. Na temelju prikupljenih podataka, primijenjene metodologije i statističke metode obrade podataka, prikazuju se rezultati provedenog istraživanja te prihvaćanje ili odbacivanje postavljene hipoteze na kojoj je koncipiran ovaj rad.

Završni dio diplomskog rada donosi osnovne zaključke provedenog istraživanja vezanog uz određivanje razine retrorefleksije oznaka na kolniku i učestalosti nastanka prometnih nesreća te prijedlog proširenja spoznajnih činjenica na buduće radove.

2. PODJELA, ZNAČENJE I KARAKTERISTIKE OZNAKA NA KOLNIKU

Oznake na kolniku, uz prometne znakove, čine važan i sastavni dio cjelokupnog sustava prometne signalizacije. One predstavljaju skup longitudinalnih i transverzalnih crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju površine na prometnoj infrastrukturi [2]. Kako bi se omogućilo pravilno vođenje i usmjeravanje prometa potrebno je oznake na kolniku primjenjivati u kombinaciji s prometnim znakovima da se njihovo značenje dodatno naglasi i istakne.

Osnovni cilj primjene oznaka na kolniku je pružiti sudionicima u prometu vizualno vođenje i orijentaciju po kolniku te ih upozoriti na stanje u prostoru ispred njih. Njihovom upozoravajućom primjenom potiče se poseban oprez kod vozača za nastavak sigurnog upravljanja vozilom. Također, na pojedinim mjestima na prometnicama, oznake na kolniku informiraju vozače o zakonskim ograničenjima koje moraju poštivati kako bi se regulirao promet na optimalan način [2].

Oznake na kolniku predstavljaju najvažniji dio cjelokupne prometne signalizacije jer znatno utječu na sigurnost prometa. Svojim položajem na kolniku nalaze se u centralnom polju pažnje vozača koja se tijekom vožnje mijenja ovisno o brzini kretanja. Svojim upozoravajućim djelovanjem, one ukazuju na građevinske karakteristike prometnice i potencijalno opasna mjesta kojima se vozači trebaju prilagoditi, a kontinuiranost oznaka duž prometnice omogućuje lakšu orijentaciju vozačima. Osnovni razlozi izrade oznaka na kolniku su [2]:

- definiranje namjene prometne površine
- upućivanje vozača na tok ceste i označavanje ceste u odnosu na okruženje
- upozoravanje korisnika cesta na posebne ili opasne pojave ili mjesta na određenim dijelovima prometnice
- ograničavanje pristupa određenim voznim trakama (npr. traka za posebne svrhe, sakupljanje ili preuzimanje vozila)
- osiguravanje vođenja prometa na prilazima raskrižjima
- nadopuna informacijama danih pomoću prometnih znakova
- prenošenje pisanih informacija.

Noću i u uvjetima smanjene vidljivosti potrebno je brzo reagirati u nepredvidivim situacijama te donijeti važne odluke na temelju znatno smanjenog broja informacija. Kako bi se u takvim uvjetima omogućilo lakše snalaženje potrebne su dobre oznake na kolniku. U takvim uvjetima, oznake geometrije prometnice i oznake voznih trakova za vozače predstavljaju vrlo važne elemente koji određuju težinu vožnje u noćnim uvjetima. Sve oznake na kolniku u Republici Hrvatskoj (RH) definirane su prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/2005).

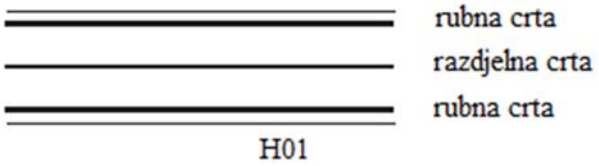
2.1. Podjela oznaka na kolniku

Oznake na kolniku mogu se podijeliti prema nizu kriterija kao što su: trajnost, retroreflektivne značajke, vrsta primijenjenog materijala, način aplikacije, debljina nanosa, kemijski sastav, koeficijent trenja itd., no osnovna podjela oznaka proizlazi iz njihove funkcije.

Sukladno njihovoj funkciji, prema zakonskoj i podzakonskoj regulativi u RH, oznake se dijele na [2]: uzdužne, poprečne i ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika.

2.1.1. Uzdužne oznake na kolniku

Uzdužne oznake na kolniku čine crte koje su postavljene paralelno s uzdužnom osi kolnika, a dijele se na razdjelne, rubne i crte upozorenja. Kako bi se naglasila važnost ili izdalo upozorenje, na određenim mjestima duž prometnice, uzdužne oznake mogu biti isprekidane, pune i dvostruke. Širina uzdužnih oznaka na kolniku ne smije biti manja od 10 cm, dok razmak između usporednih dvostrukih uzdužnih oznaka iznosi 10 cm [3]. Svakom uzdužnom razdjelnom ili rubnom crtom označava se zabrana prolaska vozila ili kretanja po toj crti. Primjer rubne i razdjelne crte na prometnici je vidljiv na slici 1 [3].



Slika 1. Puna uzdužna crta

Izvor: [3]

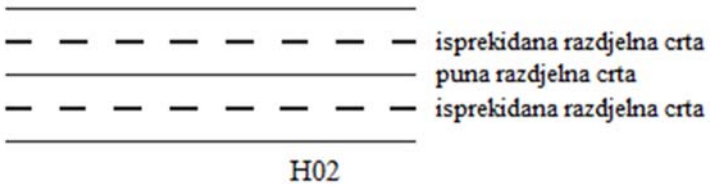
Razdjelna crta služi za razdvajanje dvosmjernih prometnih površina prema smjeru kretanja vozila, dok se rubnom crtom označava rub vozne površine odnosno rub kolnika. Širina središnje razdjelne crte je prikazana u tablici 1 te ona ovisi o širini kolnika.

Tablica 1. Odnos širine središnje razdjelne crte i širine kolnika

Širina kolnika [m]	Širina središnje razdjelne crte [cm]
≥ 3,5	20
3 - 3,5	15
2,75 - 3	12
2,5 - 2,75	10

Izvor: [3]

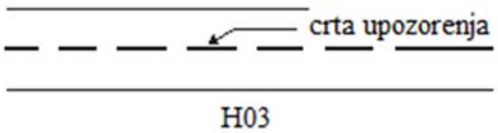
Isprekidanom uzdužnom crtom se kolnička površina dijeli na prometne trake, kao što je prikazano na slici 2. Ona može biti isprekidana kratka i široka te isprekidana razdjelna i crta upozorenja.



Slika 2. Prikaz isprekidane uzdužne crte

Izvor: [3]

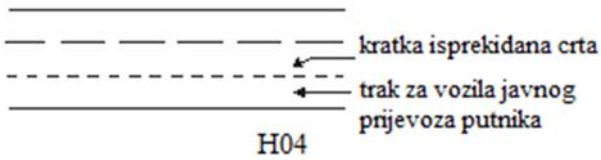
Crte upozorenja se postavljaju na mjestima gdje postoji potreba za naglašavanjem nadolazeće opasnosti i nailaska na punu razdjelnu crtu. Najavljivanje pune uzdužne crte se omogućuje primjenom crte upozorenja gdje je potrebno. Primjer takve oznake prikazan je na slici 3.



Slika 3. Primjer crte upozorenja

Izvor: [3]

Širokom isprekidanom crtom se razdvajaju tokovi u raskrižju na cestama izvan naselja, dok se kratkom isprekidanom označavaju prilazni krakovi raskrižju, crte vodilje te odvajanja trakova za vozila javnog prijevoza putnika (Slika 4.). Jedino širina široke isprekidane crte prelazi maksimalnu širinu ostalih oznaka na kolniku od 20 cm te se ona izrađuje u širini od 30 cm [3].



Slika 4. Kratka isprekidana crta

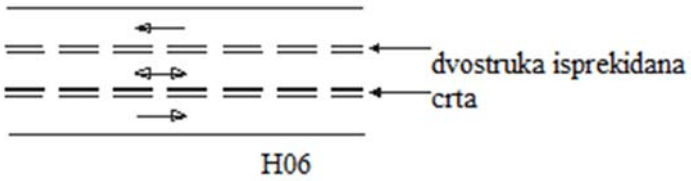
Izvor: [3]

Kada se primjenjuju dvostruke razdjelne crte, tada postoji mogućnost primjene dvostruke pune, isprekidane i kombinirane, što dakako ovisi o prometnoj situaciji i uvjetima okoline. Dvostrukom punom razdjelnom crtom se strogo zabranjuje vožnja i prelazak iste, što je prikazano na slici 5.

Slika 5. Prikaz dvostruke pune razdjelne crte

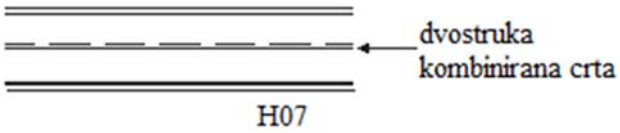
Izvor: [3]

Dvostruka puna razdjelna crta se većinom izvodi na kolnicima za dvosmjerni promet vozila s dvije ili više prometnih traka za svaki smjer, s neparnim brojem prometnih trakova. Ukoliko se pretjecanje zabranjuje u oba smjera, u tunelima i prilazima tunelu u dužini od najmanje 200 m, na objektima i svuda gdje to zahtijevaju prometni i sigurnosni uvjeti ceste ili okoliš, tada je potrebno postaviti ovakvu vrstu oznake [3]. Dvostrukom isprekidanom razdjelnom crtom se obilježavaju prometni trakovi s izmijenjenim smjerom kretanja vozila upravljanim prometnim svjetlima. Ista je prikazana na slici 6.



Slika 6. Prikaz dvostruke isprekidane crte
Izvor: [3]

U slučaju smanjene preglednosti na pojedinim mjestima na cesti, gdje je usprkos tome moguće pretjecanje samo u jednom smjeru kretanja, primjenjuje se dvostruka kombinirana crta, prikazana na slici 7.

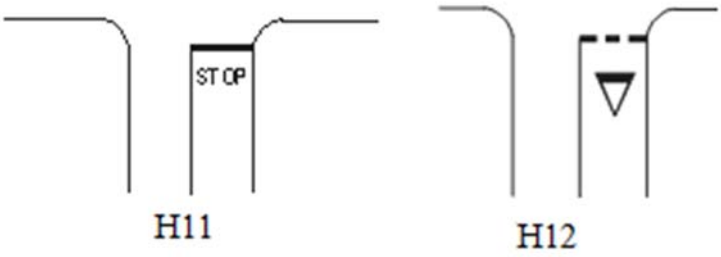


Slika 7. Primjer dvostruke kombinirane crte
Izvor: [3]

2.1.2. Poprečne oznake na kolniku

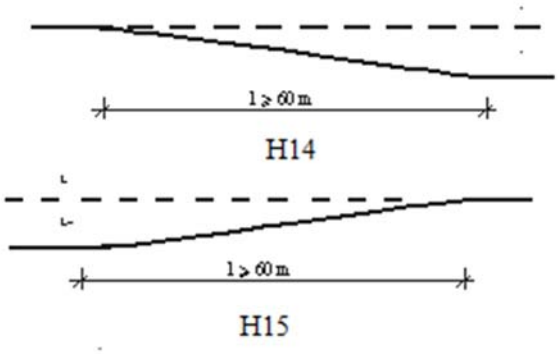
Poprečne oznake na kolniku postavljaju se okomito u odnosu na os ceste ili pod nekim drugim kutom. S obzirom na kut gledanja iz smjera pogleda vozača, one su šire od uzdužnih oznaka. Obilježavaju se punim ili isprekidanim crtama te mogu biti izvedene tako da prelaze preko jednog ili više prometnih trakova. U poprečne oznake na kolniku ubrajaju se crte zaustavljanja, kose crte, graničnici, pješački prijelazi i prijelazi biciklističke staze preko kolnika [2].

Crte zaustavljanja obavezuju vozače da zaustave svoje vozilo ispred njih (Slika 8. – H11). Ukoliko vozilo nailazi na cestu s prednošću prolaska kojom se kreću vozila, susrest će se s isprekidanom crtom zaustavljanja dopunjenom obrnutim trokutom (Slika 8. – H12).



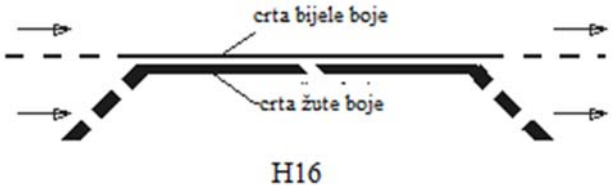
Slika 8. Puna crta zaustavljanja
Izvor: [3]

Kosim crtama označava se početak mjesta otvaranja izlaznog traka ili zatvaranja ulaznog traka na autocesti ili brzoj cesti, što je vidljivo iz slika 10 i 11.



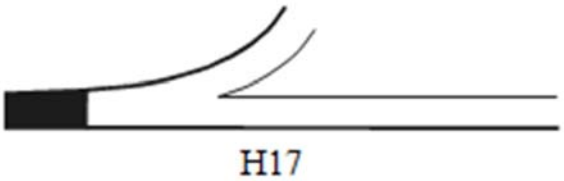
Slika 9. Prikaz izlaznog i ulaznog traka
Izvor: [3]

Također, u poprečne oznake na kolniku pripada i dio kolnika na kojem se otvara i zatvara prometni trak namijenjen vozilima javnog prijevoza putnika, gdje se i vizualno odvajaju područja oznaka na kolniku crne i žute boje (Slika 11.)



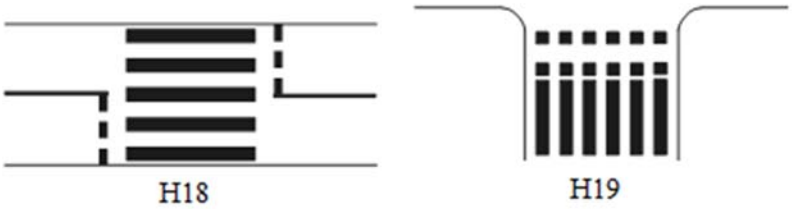
Slika 10. Otvaranje i zatvaranje traka namijenjenog vozilima javnog gradskog prijevoza
Izvor: [3]

Osnovna svrha graničnika je označavanje mjesta ulaženja na prometnici na kojoj je potrebno odvojiti područje kolnika na kojem je zabranjen promet (Slika 12.).



Slika 11. Graničnik
Izvor: [3]

Za siguran i neometan prelazak pješaka preko kolnika, postoje pješački prijelazi na kojima je vozač dužan zaustaviti se kako bi propustio pješake. Kako bi se točno vidjelo gdje je mogući prijelaz pješaka preko kolnika, poprečnim oznakama na kolniku, prikazanim na slici 13, vozači bolje uočavaju to mjesto i samim time i osobe, čime se povećava sigurnost pješaka kao najranjivijih sudionika u prometu.

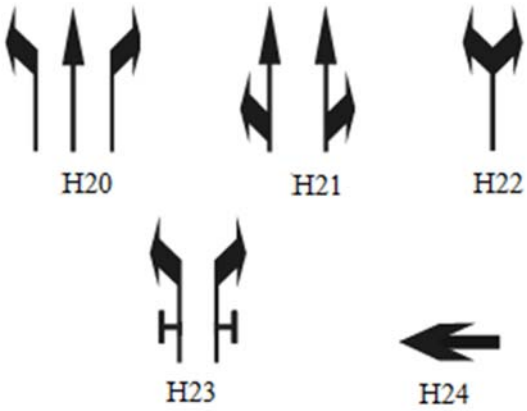


Slika 12. Prikaz pješačkog prijelaza bez biciklističke (H18) i s biciklističkom stazom (H19)
Izvor: [3]

2.1.3. Ostale oznake na kolniku

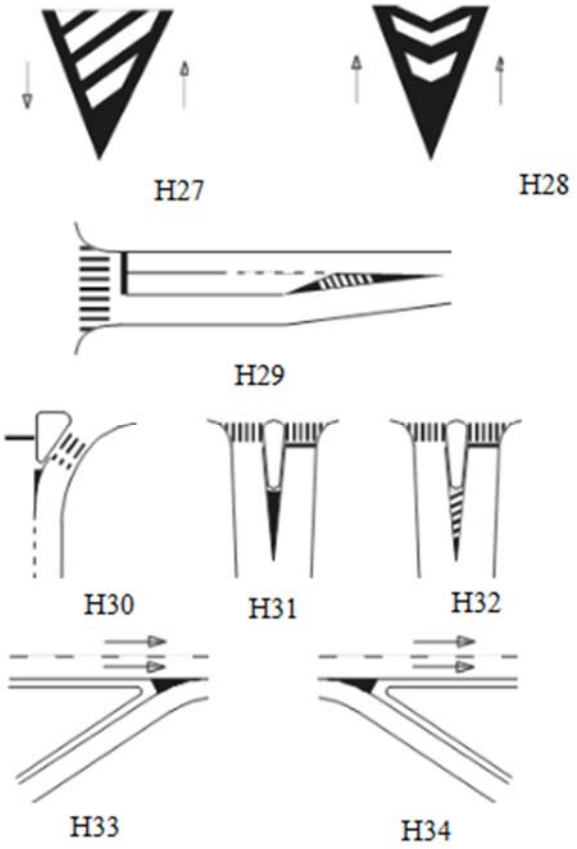
Pojam ostalih oznaka na kolniku i rubovima kolnika obuhvaća strelice, polja za usmjeravanje vozila, crte usmjeravanja, natpise, oznake za označavanje prometnih površina posebne namjene, oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje i oznake na predmetima uz rub kolnika.

Strelicama za obilježavanje obaveznog smjera kretanja pruža se informacija vozačima o namjeni prometnih trakova. Njima se može označiti jedan ili dva smjera kretanja te prestrojavanje na dva bliža raskrižja, što je vidljivo iz slike 15 [3].



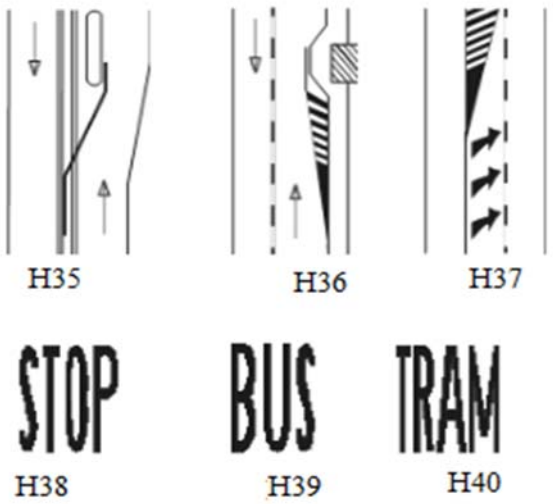
Slika 13. Strelice na kolniku
Izvor: [3]

Poljima za usmjeravanje prometa označavaju se površine gdje postoji zabrana parkiranja i zaustavljanja. Polja se postavljaju između dva prometna traka sa suprotnim ili istim smjerom kretanja, na mjestima gdje se otvara posebna traka za skretanje, ispred otoka za razdvajanje prometnih tokova te na ulaznom ili izlaznom kraku autoceste (Slika 16.).



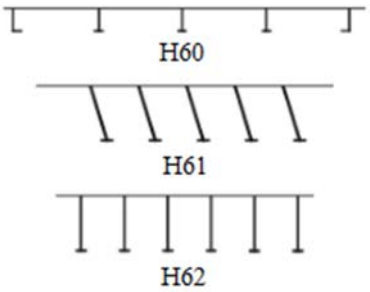
Slika 14. Polja za usmjeravanja prometa
Izvor: [3]

Crtama usmjeravanja označavaju se opasna mjesta na cesti ili uz rub iste, gdje postoje čvrste prepreke pa je potrebno prestrojiti vozila kako ne bi došlo do neželjenih posljedica. Jednako tako, na pojedinim dijelovima ceste moguće je postaviti natpise na kolniku koji dodatno upozoravaju vozače na blizinu područja gdje bi trebali prilagoditi svoju brzinu vožnje [3]. Neki od mogućih natpisa kao i crte usmjeravanja prometa u posebnim situacijama, prikazane su na slici 17.



Slika 15. Primjeri crta usmjerenja i natpisa na kolniku
Izvor: [3]

Područja posebne namjene uključuju mjesta na kojima se odvija izmjena putnika, kao što su autobusna stajališta, mjesta namijenjena isključivo za taksi vozila, područja na kojima je zabranjeno zaustavljanje i parkiranje, biciklističke i pješačke staze te pješački prijelazi u blizini škola. Također, u ostale oznake na kolniku ubrajaju se i označena mjesta za parkiranje vozila te bijele točke na kolnicima za ocjenu vidljivosti u magli. Mjesta namijenjena parkiranju vozila mogu biti smještena paralelno u odnosu na os kolnika, okomito ili pod kutom od 45°, 54°, 63°, 72° i 81° [3]. Načini označavanja parkirališnih mjesta (H60, H61 i H62) prikazani su na slici 18.

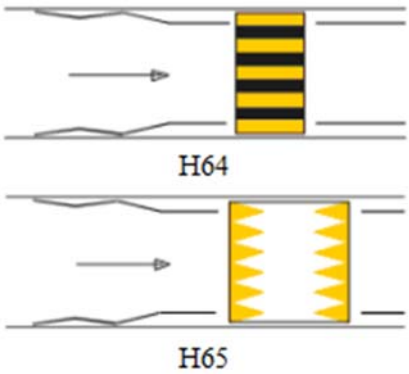


Slika 16. Označavanje parkirališnih mjesta
Izvor: [3]

Bijele točke na kolnicima, koje su primijenjene na cestama gdje se često pojavljuje magla, omogućuju održavanje dovoljnog sigurnosnog razmaka između vozila te vozačima olakšavaju uočavanje blizine ruba kolnika (Slika 19.). Veličina bijelih točaka iznosi 200x40 centimetara te se one primjenjuju na razmaku od 35 metara [3].

Slika 17. Oznaka vidljivosti u magli
Izvor: [3]

Brzina kretanja vozila često predstavlja jedan od značajnih čimbenika koji dovode do nastanka prometnih nesreća. Kako bi se spriječio nastanak istih, na mjestima posebnog opreza, poput blizine škola, dječjih vrtića ili na mjestima približavanja nepreglednih dionica ceste postavljaju se naprave za smirivanje prometa. One mogu biti izvedene kao umjetne izbočine na kolniku ili kao uzdignute plohe kolnika te su osim fizičkog izdvajanja od površine kolnika označene retrorefletivnim materijalom i vidljivom bojom, što se može vidjeti iz slike 20 [3].



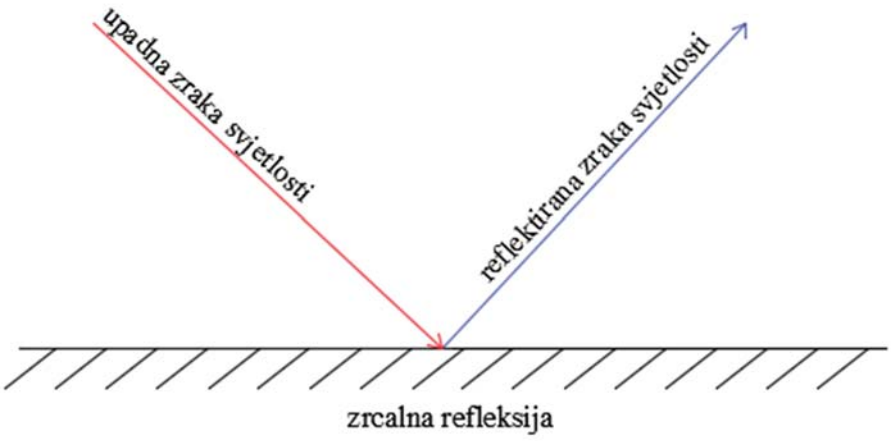
Slika 18. Ostale oznake na kolniku u funkciji smirivanja prometa
Izvor: [3]

Oznake za obilježavanje slobodnog i prometnog profila i evakuacijske trake na oblogama tunela imaju veliku važnost u kontekstu održavanja sigurnosti prometa. Vizualnim zapažanjem navedenih oznaka, vozači mogu na vrijeme prilagoditi svoju brzinu i smjer kretanja pazeći pritom da gabariti njihovih vozila i tereta koji prevoze ne prelaze izvan prometnog profila [3].

2.2. Karakteristike oznaka na kolniku

Kako bi oznake na kolniku mogle izvršavati svoje funkcije one moraju biti vidljive sudionicima u prometu u svim vremenskim uvjetima. Upravo iz tog razloga je nužno da oznake imaju sposobnost refleksije svjetlosti. U prirodi postoje tri vrste refleksije [2]: zrcalna, difuzna i retrorefleksija.

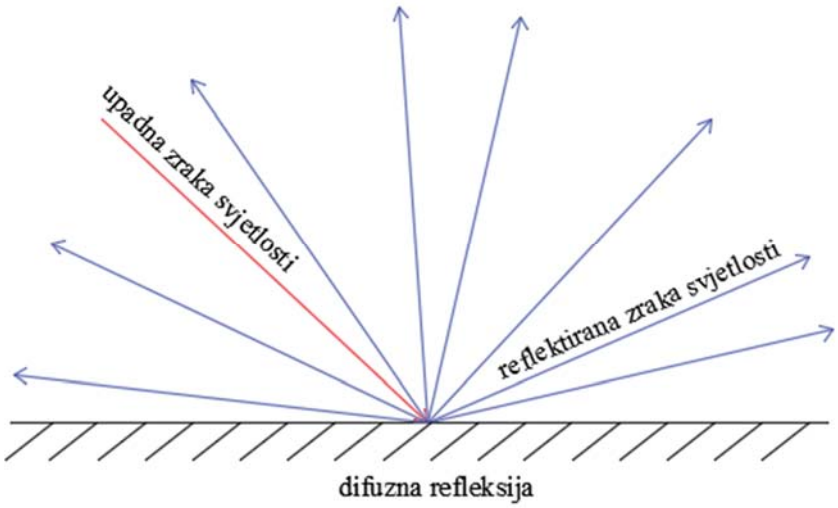
Ukoliko zraka svjetlosti pada na površinu pod određenim kutom i pod tim istim kutom se reflektira od dodirne površine u suprotnom smjeru, tada se radi o zrcalnog refleksiji (Slika 21.). Takva vrsta refleksije je prisutna kada je mokar kolnik ili zaleđen te predstavlja nepoželjnu pojavu u prometu s obzirom da svjetlost reflektirana u suprotnom smjeru može uzrokovati zasljepljivanje vozača iz suprotnog smjera.



Slika 19. Prikaz zrcalne refleksije

Izvor: [2]

Kod difuzne refleksije ulazna zraka svjetlosti reflektira se od dodirne površine u svim smjerovima (Slika 22.). Difuzna refleksija predstavlja dnevnu svjetlost i omogućuje vozačima dobro uočavanje predmeta u okolini tijekom dana.



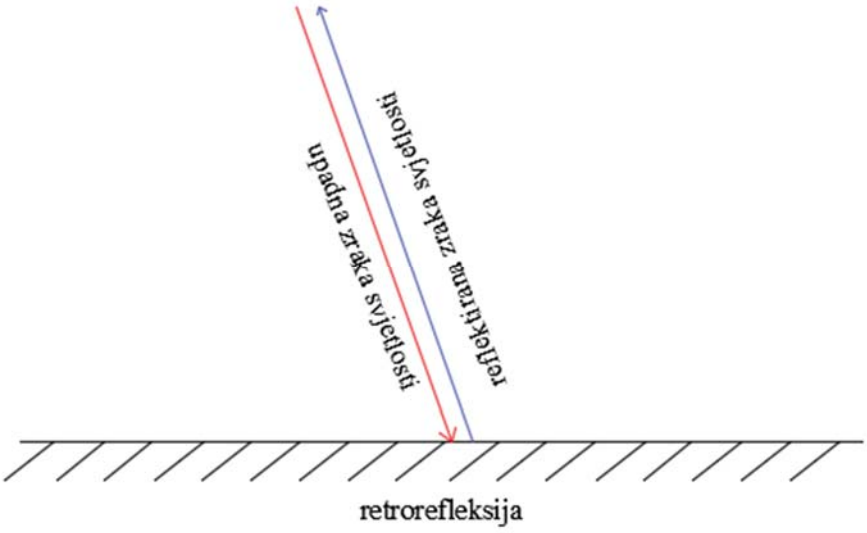
Slika 20. Prikaz difuzne refleksije

Izvor: [2]

Retrorefleksija predstavlja vrstu refleksije kod koje se zraka svjetlosti, od površine na koju upada, reflektira pod istim kutom i vraća u smjeru izvora te omogućava dobru vidljivost prometne signalizacije noću i uvjetima smanjene vidljivosti (Slika 23.). S obzirom da u prirodi nema adekvatnih retroreflektora koji bi se mogli koristiti za izradu prometne signalizacije, koriste se umjetni materijali pa se retrorefleksija dijeli upravo prema vrsti korištenog materijala na: sferičnu i prizmatičnu. Kod prometnih znakova koriste se obje vrste retrorefleksije dok se kod oznaka na kolniku koristi isključivo sferična retrorefleksija.

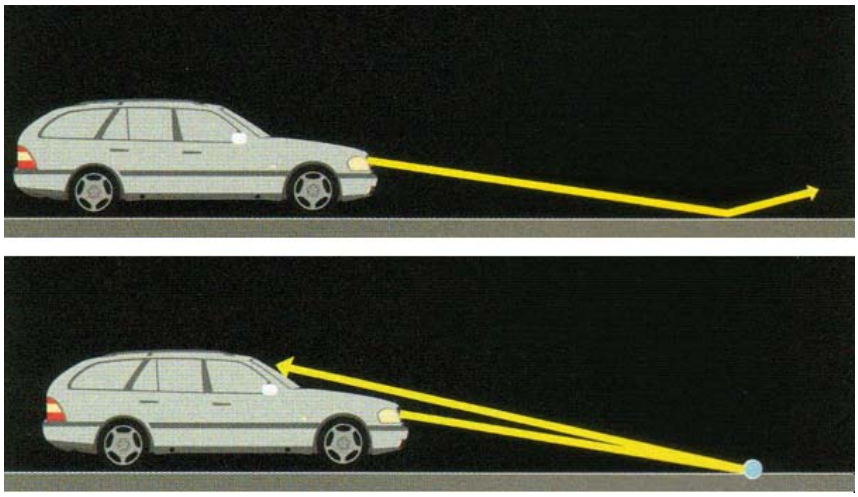
Kod sferične retrorefleksije staklena kuglica lomi ulazni trak svjetlosti prilikom prolaska kroz prednju površinu staklene kuglice. Svjetlost se tada reflektira od površine na stražnjoj strani staklene kuglice te se ponovnim prolaskom kroz prednju površinu kuglice lomi

i reflektira u smjeru svog izvora kao što je prikazano na slici 23 [2]. Idealno, kut ulaska i kut refleksije zrake svjetla kod retrorefleksije bi trebali biti isti, što u prometnom smislu znači da bi se reflektirana zraka vratila nazad prema izvoru, odnosno farovima vozila, a ne očima vozača. Upravo iz tog razloga blaga nesavršenost retrorefleksije je u stvari i poželjna te omogućava vraćanje svjetlosti vozaču u oči.



Slika 21. Prikaz sferične retrorefleksije
Izvor: [2]

Nepovoljni vremenski uvjeti uzrokuju smanjenu vidljivost na cestama, što posebno dolazi do izražaja noću na cestama izvan naselja gdje u pravilu nema cestovne rasvjete. Kako bi oznake na kolniku, u takvim uvjetima bile vidljive vozačima, potrebno je u materijale za izradu oznaka na kolniku dodati retroreflektirajuće elemente, odnosno staklene kuglice ili perle. Ukoliko staklenih perli nema na oznaci, svjetlost iz farova vozila neće se reflektirati nazad prema vozaču već dijelom zrcalno i difuzno zbog čega vozač neće moći pravovremeno percipirati situaciju ispred sebe (Slika 24.). Kvalitetna retroreflektivnost oznaka postiže se sve dok reflektirajući elementi ostaju pravilno ugrađeni i očuvani [4].

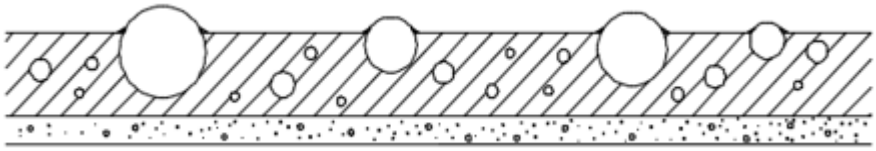


Slika 22. Refleksija zrake svjetlosti noću sa i bez staklenih kuglica
Izvor: [5]

Kvaliteta retorefleksije oznaka na kolniku ovisi o nizu čimbenika među kojima su najznačajniji [2]:

- količini staklenih kuglica po m²
- raspodjeli staklenih kuglica po materijalu oznake
- odnosu između veličine staklenih kuglica i debljine sloja oznake
- stupnju utiskivanja staklenih kuglica
- viskozitetu (ljepljivosti) materijala oznake
- uvjetima okoline itd.

Ukoliko materijal za oznake na kolniku sadrži veći broj staklenih kuglica po m^2 te ako su one pravilno raspoređene po materijalu, tada će sam materijal biti sjajniji i retrorefleksija oznake će biti veća. Male staklene kuglice koje se nalaze dublje utisnute u materijalu oznake ostvaruju manji iznos retrorefleksije u odnosu na kuglice koje su strukturom veće i nalaze se u površinskim dijelovima materijala. Također, s obzirom na različite granulacije (veličine) staklenih perli, prilikom izvođenja oznaka potrebno je voditi računa o debljini nanosa materijala od kojeg je oznaka izvedena i stupnju utisnuća staklenih perli u materijalu. Optimalno utisnuće staklenih perli u materijal je između 50 i 60%. Perle koje su manje utisnute, prilikom odvijanja prometa i zimskog održavanja cesta, brže će otpasti čime će se narušiti retrorefleksija oznaka. S druge strane, perle koje su više ili kompletno utisnute u materijal neće osiguravati željenu inicijalnu retrorefleksiju oznaka. Ipak, one će osigurati dugotrajnost retrorefleksije s obzirom da će trošenjem materijala, uslijed eksploatacije oznake, one izaći na površinu i retroreflektirati svjetlost. Primjeri različitih utisnuća perli u materijal prikazani su na slici 25.



Slika 23. Staklene kuglice utisnute u materijal oznake

Izvor: [2]

Do slabljenja retrorefleksije oznaka na kolniku često dolazi zbog [6]:

- „otpadanja“ staklenih kuglica s materijala prelaskom vozila preko istih
- degradacije vezivnog sredstva zbog oksidacije i ultraljubičastog zračenja te gubitka staklenih kuglica
- promjena u boji oznake zbog blijeđenja pigmenata
- oštećenja oznaka na kolniku u zimskim uvjetima uzrokovanog posipnim materijalima i djelovanjem ralica
- utjecaja prljavštine, masti i ulja itd.

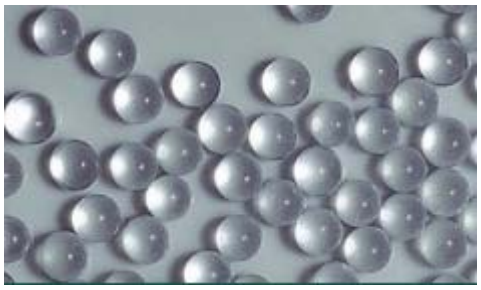
Za postizanje kvalitetne retrorefleksije, materijal za izradu oznaka na kolniku bi trebao sadržavati od 400 do 600 g/m² staklenih kuglica. Kako površina kolnika na kojoj se nalaze oznake ne bi bila skliska, potrebno je u materijal dodati i čestice oštrih bridova koje povećavaju hrapavost kolnika. Staklene kuglice, koje se primjenjuju u materijalima za izradu oznaka na kolniku, mogu biti različitih granulacija te jednako tako i različitih karakteristika. Prema

SWARCO standardu, postoje tri vrste granulacija, SWARCOFLEX, SWARCOLUX i MEGALUX-BEADS [7].

SWARCOFLEX staklene kuglice, prikazane na slici 26, prikladne su za primjenu u svim vrstama materijala za izradu oznaka na kolniku te se nanose kao reflektor, ubrizgavaju ili se prethodno umiješaju u smjesu ovisno o vrsti materijala i tehnologiji izvođenja oznake. Okruglost staklene kuglice je veća od 80% te predstavlja staklenu kuglicu visokog standarda u veličini od 1 do 850 mikrona koja daje dobre retroreflektivne vrijednosti.

Slika 24. Swarcoflex staklene kuglice
Izvor: [7]

SWARCOLUX staklene kuglice (Slika 27) su iznimno pogodne za tehnički zahtjevnije sustave oznaka na kolniku poput strukturiranih ili profiliranih oznaka na kolniku izrađenih od termoplastike ili hladne plastike. One dolaze u veličinama od 1 do 1300 mikrona te se njihovo svojstvo dobre retrorefleksije dobije većom okrugloću staklene perle, koja iznosi više od 85%.



Slika 25. Swarcolux staklene kuglice
Izvor: [7]

MEGALUX-BEADS (Slika 28.) predstavlja posebnu vrstu staklenih kuglica koje daju najveću moguću retrorefleksiju. Staklena kuglica je savršeno okrugla pa omogućuje ostvarenje izvanredno dobre vidljivosti u svim vremenskim uvjetima pa čak i za vrijeme vlage i noću. Okruglost iznosi više od 95%, a veličina doseže i do 1700 mikrona.

Slika 26. Megalux-beads staklene kuglice
Izvor: [7]

Iako postoji više načina postavljanja i primjene oznaka na kolniku, one se isključivo postavljaju na cestama sa suvremenim asfaltnim ili betonskim kolnikom, a površinski mogu biti na gornjem dijelu kolnika ili ugrađene u isti. One se ucrtavaju, lijepe, ugrađuju ili utiskuju ovisno o načinu koji je prikladan za pojedinu prometnicu i uvjete koji se pojavljuju u tom području. Sukladno tome, trebaju se primijeniti tako da ne povećavaju sklizavost samog kolnika te jednako tako ne smiju biti više od 2,0 cm iznad kolnika. U RH, oznake su bijele boje, osim u određenim slučajevima kada se izvode žutom bojom [2]:

- oznake na kolniku ili pločniku gdje nije dopušteno parkiranje
- rubne trake
- isprekidane crte za odvajanje prometne trake namijenjene kretanju vozila javnog gradskog prijevoza putnika
- oznake kojima se obilježavaju mjesta određene namjene, kao što su autobusna stajališta, stajališta za taxi-vozila i policiju, biciklističke i pješačke trake
- kosnici
- oznake privremenih opasnosti na cestama.

3. ELEMENTI UTJECAJA OZNAKA NA KOLNIKU

Oznake na kolniku, uz prometne znakove omogućuju vozačima sigurno kretanje cestom osiguravajući pravovremeno uočavanje i prepoznavanje potencijalno opasnih situacija. S obzirom na to da vozač većinu informacija tijekom vožnje prima vidom, potrebno je omogućiti adekvatnu vidljivost svih dijelova ceste u svim vremenskim uvjetima. Tijekom vožnje, vozači zamjećuju oznake na kolniku, a njihovo značenje povezuju s već prethodnim znanjem, iskustvom, očekivanjima i emocijama, što predstavlja složen proces percepcije. Na temelju toga, pojedinac prepoznaje značenje predmeta, pojava i događaja u okolini, odnosno u ovom slučaju putanju ceste i/ili značenje i poruku koju oznake nose.

Najvažnije funkcije percepcije obuhvaćaju prepoznavanje predmeta i njegovo smještanje u prostor, a cjelokupni proces povezivanja uočenog s postojećim znanjem započinje ulaskom svjetla u oko. Perceptivnim procesorima prikupljene informacije se prenose u spremište senzorne slike. Postojeće znanje i iskustvo, kognitivnim procesima, se povezuje s tek prikupljenim informacijama te se na temelju toga donosi zaključak i odluka o reakciji.

Upravo vožnja noću na neosvijetljenim prometnicama i u nepovoljnim vremenskim uvjetima, uvelike je otežana bez prometne signalizacije, a naročito bez oznaka na kolniku. U takvim uvjetima vozači instinktivno voze središnjim dijelom prometnice što može vrlo brzo dovesti do izravnih sudara vozila zbog smanjene preglednosti i veće brzine kretanja. Autori [8] su proveli istraživanje sagledavajući ponašanje vozača na prometnici prije i poslije, odnosno kada nije bilo oznaka na kolniku i nakon postavljanja. Prema provedenoj analizi zaključili su da na cestama bez rubnih oznaka postoji rizik nastanka prometnih nesreća veći od 11% u odnosu na ceste gdje su postavljene rubne oznake.

Kako bi u svim situacijama oznake na kolniku bile vidljive i kako bi se mogla donijeti odluka o djelovanju, potrebno je da se jedan dio svjetlosti, emitiran iz izvora, odnosno vozila, reflektira natrag prema vozaču. Kako bi se to postiglo, materijali za izradu oznaka na kolniku moraju biti retroreflektirajući.

3.1. Materijali za izradu oznaka na kolniku

Materijali za izradu oznaka na kolniku razlikuju se prema načinu aplikacije, vijeku trajanja, cijeni i strukturalnim značajkama. Najčešća podjela materijala je prema njihovom kemijskom sastavu i to na [4]: boje, plastične materijale i trake.

Svaki od navedenih materijala ima svoje specifičnosti, prednosti i nedostatke ovisno o samom mjestu primjene i uvjetima koji vladaju na istom. Različite lokacije na cestama uvjetuju drukčiju vrstu materijala koju je potrebno postaviti kako bi se produljila njegova trajnost i kvaliteta te osigurala željena vidljivost, odnosno sigurnost na cestama. Uvjeti koji definiraju postavljanje određenog materijala većinom uključuju učestalost loših vremenskih prilika, protok vozila, preusmjeravanje vozila s drugih cesta, učestalost nanošenja asfaltnog sloja i interval trajanja zimskih uvjeta [2].

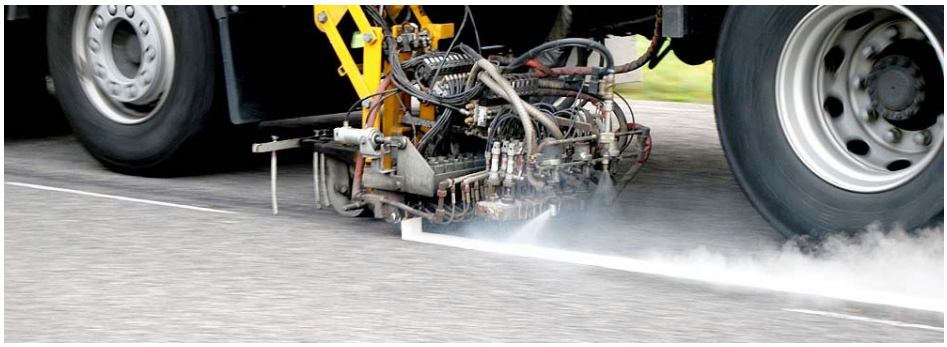
3.1.1. Oznake na kolniku izrađene bojom

Boja kao materijal za izradu oznaka na kolniku predstavlja jedan od najčešće korištenih materijala na cestama. Bojane oznake predstavljaju tekući materijal za izradu oznaka koji pripada skupini tankoslojnih materijala čija debljina nanosa uobičajeno iznosi od 0,3 milimetra do 0,6 milimetra. Mogu biti na bazi vode ili otapala te se isparavanjem vode ili otapala suše između 15 i 20 minuta (ovisno o kemijskom sastavu boje te vremenskim uvjetima) U pravilu se sastoje od pigmenata, vezivnih sredstava i punila, a glavna prednost u odnosu na druge materijale im je niska cijena i ekološka prihvatljivost [6].

Oznake na kolniku izrađene bojom najviše se primjenjuju na cestama s malim prometnim intenzitetom, a postavljaju se obično krajem proljeća. Ovisno o mjestu postavljanja i vremenskim prilikama konkretnog područja, njihova vidljivost pada od četiri do šest mjeseci nakon postavljanja. Izvode se posebnim strojevima koji su opremljeni spremnikom za boju i dovodnim cijevima za raspršivanje boje. U spremnicima je boja prije nanošenja pripremljena, što podrazumijeva da je zagrijana na odgovarajuću temperaturu i razrijeđena razrjeđivačem s aditivima. Uređaj za nanošenje boje na kolnik tijekom vožnje raspršuje boju iz „pištolja“ koji se nalazi pod tlakom, koji je prethodno podešen. Staklene perle se iz posebnog uređaja raspršuju po tek nanesenoj boji [2]. Postupak nanošenja boje na kolnik je prikazan na slici 29.

Prije nanošenja boje nužno je postaviti odgovarajuću visinu „pištolja“, podesiti iznos tlaka u spremniku i odrediti brzinu kretanja vozila. Normalni uvjeti nanošenja boje uključuju [2]:

- maksimalnu brzinu kretanja vozila za automatsko nanošenje boje od 12 km/h
- najveću debljinu sloja boja od 0.6 mm
- gustoću rasipanja dodatnih elemenata od 160 g/m^2
- gustoću rasipanja perli od 400 g/m^2
- nužno vrijeme sušenja boje od 3 min
- dovoljno vrijeme sušenja od 6 sati



Slika 27. Nanošenje oznaka na kolnik izrađenih bojom
Izvor: [9]

Osnovni nedostatak primjene boje kao materijala za izradu oznaka na kolniku je kratka trajnost, odnosno brzo trošenje te relativno slaba retroreflektivnost u odnosu na druge materijale

[10]. Abrazivnim djelovanjem soli i posipnih materijala dolazi do intenzivnog brisanja oznaka zbog čega ih je potrebno ponovno izvoditi u većini slučajeva svake godine [2].

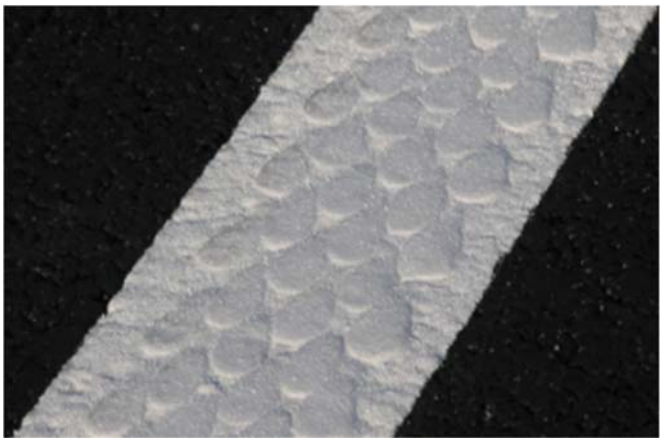
3.1.2. Plastični materijali za izradu oznaka na kolniku

Topla i hladna plastika predstavljaju plastične materijale za izradu oznaka na kolniku te svaki od njih ima svoje specifičnosti. To su višekomponentni materijali koji se sastoje uglavnom od sintetičkih veziva, prirodnih i umjetnih smola, pigmenata, punila i staklenih kuglica. U odnosu na boju, koja je tankoslojna, plastični materijali su debeloslojni i njihova debljina nanosa iznosi od jedan do tri milimetra [10].

3.1.2.1. Termoplastika

Termoplastika je plastičan materijal za izradu oznaka na kolniku koji se naširoko koristi na cestama zbog svoje niske cijene i duge izdržljivosti. U Europi je u primjeni već više od 30 godina zbog svojih dobrih karakteristika te trajnosti koja u pravilu iznosi od dvije do pet godina ovisi o kvaliteti i stanju podloge, intenzitetu prometa, klimatskim uvjetima, o vrsti oznaka koje se izvode (uzdužne ili poprečne), lokaciji oznake u odnosu na poprečni presjek ceste te o posebnosti mjesta primjene [2]. Staklene kuglice s pigmentima, vezivnim sredstvima i punilima tvore jedinstvenu termoplastičnu cjelinu. Izvedba oznaka na kolniku termoplastikom može se izvesti špricanjem ili uređajem ekstruderom, no prije izvođenja ju je potrebno kuhati u posebnim kotlovima na temperaturi od oko 180ºC u koji se dodaju i staklene perle kako bi se osigurala retrorefleksija kroz duži vremenski period s obzirom na debljinu nanosa materijala. Naime, kako se oznaka troši perle umiješane u materijal će izaći na površinu i osiguravati adekvatnu retrorefleksiju. Tijekom izvođenja se također dodaju staklene perle kako bi se osigurala inicijalna retrorefleksija oznaka. Podešenim sustavom brizgaljki određuje se zahtijevana širina crte te je moguće postaviti profilirane (oznake uzdignute iz kolnika), neprofilirane ili kombinirane oznake. Ekstruder se postavlja na bočnu stranu stroja te je povezan s centralnom mikroprocesorskom jedinicom gdje se reguliraju sve pojedinosti, poput širine, vrste i dizajnu oznake. Jednako tako, ovim postupkom je moguće izvesti i preko 50 različitih vrsta oznaka i crta [10].

Termoplastika se za podlogu (asfalt) veže toplinski te omogućuje brzo stvrdnjavanje od trenutka nanošenja, što iznosi oko 10 minuta. Osim dobrog povezivanja s asfaltom i brzog sušenja, osnovna prednost termoplastike u odnosu na druge materijale je njena mala osjetljivost na vanjsku temperaturu i temperaturu kolnika, što omogućuje duži period u godini kada je moguće izvesti termoplastične oznake. Također, omogućuje dobro uočavanje tijekom cijele godine, a posebno u noćnim uvjetima i uvjetima smanjene vidljivosti, što kod oznaka izrađenih bojom nije slučaj. Jedna od svakako bitnih prednosti je velika ekološka prihvatljivost termoplastike jer ne sadrži otapala niti je potrebna njihova primjena prilikom izrade oznaka ove vrste materijala [10]. Primjer kombinirane termoplastične oznake na kolniku prikazan je na slici 30.



Slika 28. Kombinirana termoplastična oznaka na kolniku
Izvor: [11]

3.1.2.2. Hladna plastika

Hladna plastika je dvokomponentni materijal za izradu oznaka na kolniku, što znači da. jednu komponentu čini plastika u polutekućem stanju, dok je druga komponenta zgušnjivač, odnosno učvršćivač (najčešće u strukturi praška). Primjena hladne plastika obuhvaća miješanje učvršćivača i plastike u određenom omjeru (98:2, 50:50 itd.), ovisno o proizvođaču [2].

S obzirom na debljinu nanosa (između jedan i tri milimetra za neprofilirane i do šest milimetara za profilirane i strukturirane oznake), u hladnoj plastici se tvornički također dodaju i staklene perle kako bi se, kao i kod termoplastike, osigurala vidljivost tijekom dužeg vremenskog razdoblja. Također, dodatne staklene perle se dodaju tijekom izvođenja kako bi se osigurala inicijalna retrorefleksija oznaka.

Hladna plastika odlično prianja na sve vrste kolničkog zastora, održava veliku stabilnost i pri povećanim temperaturama, dobro prianja i na već postojeće oznake izrađene hladnom plastikom ili bojom kao materijalom, otporna je na trošenje, sredstva za odleđivanje, motorna ulja i goriva, različite vremenske uvjete, klizanje. Jedna od negativnosti primjene hladne plastike je kompliciran način aplikacije i čišćenja sustava uslijed sušenja materijala unutar stroja. Nakon što se postavi na kolnik, hladna plastika se stvrdnjava nakon 10-ak minuta [2]. Jedan od mogućih primjera izvedenih oznaka na kolniku od hladne plastike vidljiv je na slici 31.

Slika 29.Oznaka na kolniku izrađena hladnom plastikom
Izvor: [11]

3.1.3. Oznake na kolniku izrađene trakom

Trake za izradu oznaka na kolniku predstavljaju vrstu materijala koji bi se najviše trebao primjenjivati ukoliko se razmatraju retroreflektirajuća svojstva. Naime, kako se ova vrsta materijala izrađuje tvornički, staklene perle su optimalno postavljene, raspoređene i utisnute u materijal. Zbog takvog principa proizvodnje, trake ostvaruju koeficijent retrorefleksije od 800-900 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$, što doprinosi znatnoj vidljivosti u svim vremenskim uvjetima i na različitim udaljenostima [6].

Trake se pričvršćuju na kolnik ljepilom ili toplinskim postupkom. Otvorenim plamenom se apliciraju trake od prerađenih termoplastičnih oznaka za označavanje pješačkih prijelaza i postavljanje raznih simbola. Ovisno o mjestu primjene i postavljenim zahtjevima, trake mogu biti trajne i privremene. Trajne oznake postavljaju se neposredno nakon asfaltiranja na način da se valjkom utiskuju u gornji sloj asfalta. Takav način postavljanja oznaka predstavlja in-lane tehnologiju, a same trake sadrže armaturnu mrežicu kako bi se olakšalo uklanjanje materijala. Drugi način podrazumijeva postavljanje traka na postojeći kolnik pomoću posebno izrađenih ljepila što predstavlja on-lane tehnologiju (Slika 32.) [2].

Osnovni nedostatak traka kao materijala za izradu oznaka na kolniku je cijena zbog čega se najčešće primjenjuju u slučaju privremene regulacije prometa. Trajnost oznaka izrađenih trakom ovisi o mnogim čimbenicima poput kvalitete kolnika prije postavljanja, temperature zraka, prikladnoj prethodnoj pripremi površine na koju se lijepi traka, o vrsti korištenog ljepila, potrebnom vremenu stvrdnjavanja i sličnom [10].

Slika 30.Oznake na kolniku izrađene trakom
Izvor: [12]

3.2. Ostali čimbenici koji utječu na vidljivost oznaka na kolniku

Osim pravilno izrađenih i postavljenih oznaka na kolniku od kvalitetnih materijala od velike je važnosti razmotriti i druge čimbenike koji utječu na promjene karakteristika i vidljivost samih oznaka kao što su: širina i boja oznake, vremenski uvjeti na cesti, struktura kolnika te vrsta vozila [13].

3.2.1. Širina oznake

Prilikom vožnje vozači ne zamjećuju promjene dužina horizontalno postavljenih oznaka dok promjene širine oznaka psihološki znatno utječu na njih. Veća širina oznaka na kolniku vizualno ispunjava veću površinu kolnika i time ukazuje na moguće opasnosti koje prethode pa u skladu s time vozači instinktivno usporavaju svoje kretanje i usmjeravaju vozilo prema rubu

kolnika gdje postoji manja opasnost. Šire se oznake, također, tijekom noći ranije uočavaju jer u svojoj strukturi sadrže veći broj staklenih kuglica što rezultira boljom retrorefleksijom oznake [8].

3.2.2. Boja oznake

Poznato je da se određene boje lakše i prije uočavaju od drugih pa je u skladu s time formiran i cjelokupni koncept prometne signalizacije prema bojama koje se vide na najvećim udaljenostima kako bi se na vrijeme upozorilo sudionike u prometu na sve potencijalno opasne situacije. Prema Pravilniku i sukladno svim propisanim smjernicama i zahtjevima, u RH se oznake na kolniku izvode bijelom i žutom bojom. Žute oznake imaju manju razinu retrorefleksije, odnosno vidljivost tijekom noći, no s druge strane su vidljivije danju (naročito na asfaltnim podlogama) zbog kontrasta između boje podloge i oznake. Također, bijele oznake vozači uočavaju na većoj udaljenosti u odnosu na žute [14].

3.2.3. Vremenski uvjeti na cestama

Promjenjivi i nestabilni vremenski uvjeti na cestama znatno smanjuju sigurnost kretanja svih sudionika te je sukladno tome potrebno prilagoditi način vožnje uvjetima koji vladaju. „Loši“ vremenski uvjeti na cestama, poput kiše, magle, snijega i mraza smanjuju preglednost, utječu na promjene prianjaja vozila na podlozi što, popraćeno drugim indirektnim čimbenicima, može dovesti do nepoželjnih posljedica. Kiša, koja je najčešće prisutna na prometnicama u RH, prekriva oznake i smanjuje njihovu retrorefleksiju (Slika 31.) te može stvoriti nastanak zrcalne refleksije i zabljesnuti vozače iz suprotnog smjera. Sloj vode prekriva oznaku pa tako i staklene perle te u određenoj mjeri sprječava proces retrorefleksije. Kako bi se spriječilo navedeno, oznake u područjima gdje su loši vremenski uvjeti bi trebale biti izvedene od kvalitetnijih i debljih materijala kao što su plastični materijali [15]. Jednako kao i kiša, magla posebno smanjuje vidljivost oznaka pa se u područjima izloženim maglom često primjenjuju profilirane oznake, ali i vibracijske oznake kako bi se dodatno osigurala sigurnost vozača. Pojavom snijega i čišćenjem istog, često dolazi do gubitka pojedinih oznaka, a u uvjetima većih nanosa do potpunog prekrivanja oznaka i gubitka orijentacije vozača na cesti zbog nemogućnosti viđenja rubova kolnika.

Slika 31. Usporedba vidljivosti oznaka na suhom i mokrom kolniku

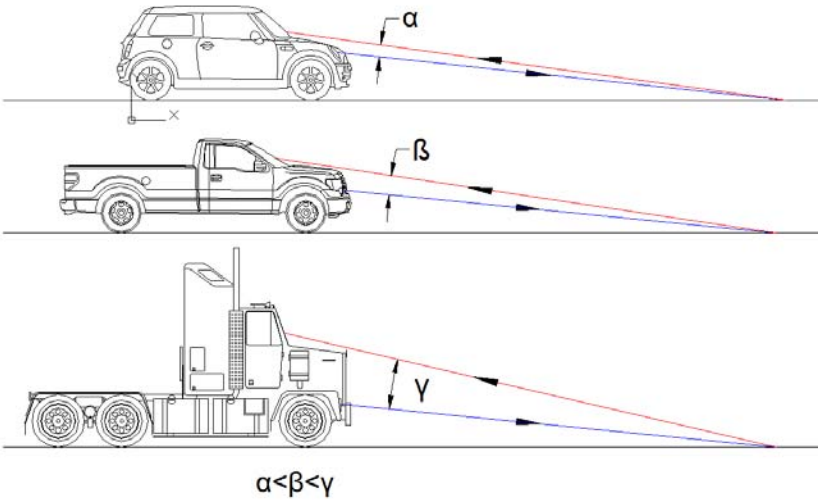
Izvor: [34]

3.2.4. Struktura kolnika

Starije prometnice zbog istrošenosti, vremena proteklog od izgradnje i vremenskih uvjeta gube svoje izvorne kvalitetne tehničke karakteristike, što se posebno odražava na vrstu i stanje kolnika i podloge. Stariji kolnici gube boju te postaju bljeđi u odnosu na tek postavljene. Navedeno posebno dolazi do izražaja ukoliko se usporede betonski i asfaltni kolnici. Asfaltni kolnici tamnije su boje te postavljanjem bijelih, svijetlih oznaka stvara se velik kontrast između oznake i podloge. Betonski kolnici su zbog svoje strukture materijala svjetliji pa je tako manji kontrast boje i podloge čime se direktno utječe na vidljivost oznaka kako danju tako i po noći.

3.2.5. Vrsta vozila

Dovoljna količina svjetla koja obasjava oznake na kolniku reflektira se i vraća jedan dio dolaznog svijetla izvoru stvarajući tako retrorefleksiju. Veća količina svjetla odaslana iz izvora omogućuje veću vidljivost. Sukladno tome, vozači motocikala manje vide situaciju pred sobom u nepovoljnim vremenskim uvjetima i noću u odnosu na vozače osobnih automobila ili kamiona. Viša vozila imaju postavljena svjetla i sjedalo vozača na većoj visini pri čemu se formira veći kut između ulazne i reflektirane zrake, što rezultira većom udaljenošću uočavanja oznaka, a navedeno je vidljivo iz slike 32 [4].



Slika 32. Prikaz promjene veličine kuta ulazne i reflektirane zrake svjetlosti ovisno o vrsti vozila

Izvor: [4]

4. METODE ISPITIVANJA VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU

Ispitivanje vidljivosti oznaka na kolniku provodi se kako bi se vidjelo zadovoljavaju li one propisane uvjete i jesu li u skladu s važećim zakonskim i podzakonskim aktima. Kvaliteta i pravilno postavljanje oznaka u velikoj mjeri može utjecati na smanjuje nastanaka prometnih nesreća te povećanje osjećaja sigurnosti prilikom vožnje, naročito u uvjetima smanjene vidljivosti. Primjenom najnovijih metoda ispitivanja i usavršavanjem postojećih moguće je osigurati veću razinu kvalitete oznaka i samim time može se postići veća sigurnost prometa. Pravilnim održavanjem prometnica, a tako i svih oznaka na kolniku te stalnom suradnjom izvođača radova i subjekata koji ispituju karakteristike postavljenih elemenata omogućuje se održavanje kvalitetnih svojstava materijala, povećanje retrorefleksije oznaka i same vidljivosti istih.

4.1. Vrste ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku u RH

U RH za ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku, provodi se više vrsta ispitivanja kao što su: prethodna ispitivanja ili ispitivanja pogodnosti, tekuća ili vlastita, kontrolna, redovna, dodatna kontrolna, arbitražna i ispitivanja prije isteka jamstva. Kontrola pogodnosti materijala provodi se s obzirom na njegovu namjenu, prethodnim laboratorijskim ispitivanjima s ciljem usklađivanja materijala s propisanim tehničkim uvjetima koje isti moraju zadovoljiti prije samog postavljanja oznaka na kolnik. Njima se ispituju pogodnosti sustava označavanja, odnosno materijala koji se namjerava upotrijebiti za izvođenje oznaka na kolniku. Učestalost i vrsta tekućih ispitivanja ovisi o vrsti i namjeni materijala te se obavlja radi kontrole tehnološkog procesa.

Tekuću kontrolu provodi izvođač ili organizacija za kontrolu kvalitete o njegovom trošku tijekom izvođenja oznaka. Tekuća ispitivanja obuhvaćaju ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti, geometrije oznaka te debljine oznaka mokrog i suhog filma. Ispitivanje debljine oznaka vlažnog i suhog filma provodi se bez staklenih kuglica i uzimanjem uzorka svakih 5 000 metara, posebno za središnje i rubne oznake. Tim ispitivanjem se kontrolira njihova trajnost, dnevna i noćna vidljivost, skliskost te otpornost oznaka pri temperaturi od 80°C i na smrznutoj podlozi prekivenom soli. Ispitivanje debljine suhog filma boje obuhvaća ispitivanje minimalne debljine sloja boje koja se nanosi na kolnik, ali bez staklenih kuglica. Nakon uzimanja uzorka materijala na probne pločice, izvođač radova dostavlja pločicu sa specifikacijom u ispitni laboratorij. Pločica mora sadržavati podatke o broju ceste, oznaci dionice, vremenu uzimanja uzroka, klimatskim uvjetima, proizvođaču boje i nijansi boje. Prilikom ispitivanja debljine suhog filma boje, moguće je koristiti mjerni uređaj (Slika 33.), koji mjeri debljinu suhog filma na magnetičnim i nemagnetičnim podlogama na principu elektromagnetske indukcije i vrtložnih struja [16].

Slika 33. Uređaj za mjerenje debljine suhog filma boje
Izvor: [2]

Prilikom pokretanja mjerenja, potrebno je utvrditi širinu linije na kojoj će se mjeriti debljina suhog filma boje te umjeriti mjerni uređaj etalonskim listićima. Ovisno o širini linije, određuje se broj potrebnih mjernih mjesta pa tako za liniju širine 15 centimetara uzorak se ispituje na 12 karakterističnih mjesta. Za liniju širine 12 centimetara ispituje se devet karakterističnih mjesta dok za širinu linije od 10 centimetara dovoljno je ispitati šest mjesta. Prilikom mjerenja, iznimno je bitno odrediti mjerno mjesto u odnosu na rub boje te ono mora biti udaljeno najmanje 20 milimetara od ruba. Pritiskom mjerne sonde uređaja na podlogu i odabira načina mjerenja, uređaj pohranjuje potrebne podatke. Dobivene rezultate potrebno je pohraniti i evidentirati te na temelju toga podnijeti izvješće o mjerenju koje mora sadržavati datum provedenog mjerenja, oznaku uzorka i mjesto ispitivanja [2]. Mjerenje debljine mokrog filma boje oznaka na kolniku provodi se uporabom metalnih nazubljenih pločica koje su najčešće pravokutnog oblika sa zupcima na sve četiri strane (Slika 34.).

Slika 34. Ispitivanje mokrog filma boje
Izvor: [2]

Odmah nakon izvođenja oznaka na kolniku, metalna pločica se postavlja okomito na mokri film boje te se s nje očitava izmjerena vrijednost debljine mokrog filma. Preporuča se provođenje ispitivanja i očitavanje najmanje tri puta na testnom području kako bi se osigurala

veća pouzdanost. Broj potrebnih očitavanja određuje se ovisno o vrsti podloge, prema iskustvu osobe koja provodi ispitivanje ili prema drugim čimbenicima koji mogu poslužiti za dobru procjenu. Ukoliko je površina ispitivanja gruba te uzrokuje kriva očitanja, njih je potrebno izuzeti [17]. Ispitivanjem dnevne i noćne vidljivosti oznaka ispituje se vrijednost difuznog raspršenog svjetla koju prima promatrač (dnevna vidljivost) i retrorefleksija svjetleće zrake od ispitane površine (noćna vidljivost), pri čemu je dnevna vidljivost izražena modulom Q_d ($mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$), a noćna vidljivost koeficijentom R_L ($mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$) [16].

Kontrolna ispitivanja se provode kako bi se uskladila kvaliteta materijala s njegovim svojstvima i propisanim tehničkim uvjetima, a provođenje kontrolnog ispitivanja može obavljati jedino organizacija za kontrolu kvalitete [18]. Kontrolna ispitivanja osigurava naručitelj kako bi se utvrdilo odgovara li kvaliteta sustava označavanja propisanim zahtjevima. Ispituje se debljina suhog filma, bez staklenih kuglica, na probnim pločicama svakih 20 000 metara te otpornost na sklizanje suhog filma oznaka svakih 10 000 metara. Kontrolna ispitivanja mogu se provoditi prije izvođenja oznaka, za vrijeme izvođenja ili na kraju nakon postavljenih oznaka. Dodatna kontrolna ispitivanja se provode u slučaju graničnih vrijednosti utvrđenih kontrolnim ispitivanjem gotovih oznaka prema utvrđenoj metodi. Za razliku od njih, arbitražno ispitivanje predstavlja ponovljeno kontrolno ispitivanje, ako postoji opravdana sumnja naručitelja ili izvoditelja da ono nije provedeno na odgovarajući način [16]. Također, provode se ispitivanja prije isteka roka, a ona obuhvaćaju ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti, otpornosti na klizanje i habanje. Vizualnim pregledom uočavaju se mogući nedostaci poput oštećenosti, pojave pukotina, ljuštenja, ljepljivosti i nečistoća [18]. Shematski prikaz opisanih ispitivanja može se vidjeti na slici 33.

Slika 35. Vrste ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku

Izvor: izradila autorica prema [2]

Uz navedena ispitivanja često se provodi i ispitivanje koeficijenta trenja na kolniku s obzirom na to da se velik broj prometnih nesreća događa zbog smanjenog koeficijenta trenja između kotača i kolnika te zbog oštećenja gornje površine kolnika i nastanka udarnih rupa [19]. Kako bi se omogućilo dobro prianjanje između kotača i zastora u uzdužnom i poprečnom smislu, potrebno je redovito provjeravati koeficijent trenja. Otpornost na klizanje (hrapavost) izvedenih oznaka izražava se u SRT jedinicama, a njezina minimalna vrijednost na svim cestama za sve vrste oznaka mora biti veća ili jednaka od 45 SRT jedinica, prema HRN EN 1436:2009. Ispitivanje otpornosti na klizanje provodi se klatnim uređajem koji sadrži gumeni klizač određenih dimenzija i mase kojim se mjeri hrapavost kolnika. Klatni uređaj se prije mjerenja mora učvrstiti na podlozi te kalibrirati za testiranje. Uređaj se sastoji od pomične ruke s gumenim klizačem kojim se mjeri hrapavost. Pomična ruka se mora podesiti na visinu iznad površine kako površinu ne bi doticalo ništa osim gumenog klizača. Postavljanjem ruke s gumenim klizačem u vodoravni položaj u odnosu na podlogu i pritiskanjem tipke za otpuštanje ruke, ona se zanjiše te prolaskom gumenog klizača po podlozi očita se vrijednost koeficijenta trenja podloge na mjernoj skali. Promjenom vrste i stanja podloge, vrijednosti koeficijenta trenja će se znatno razlikovati [2].

Od svih navedenih ispitivanja kvalitete, za kvalitetno vizualno vođenje sudionika u prometu te cjelokupnu sigurnost prometa najznačajnija su ispitivanja vidljivosti oznaka na kolniku. Ispitivanje vidljivosti oznaka na kolniku moguće je izvršiti na dva načina koja će u sljedećem poglavlju biti detaljno opisana.

4.2. Metode statičkog i dinamičkog ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku

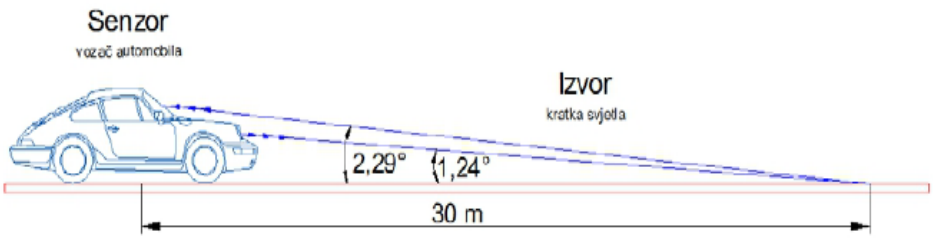
Kao što je već navedeno, kvaliteta vizualnog vođenja sudionika u prometu izravno ovisi o vidljivosti i reflektivnim značajkama oznaka na kolniku zbog čega je iste nužno periodički ispitivati kako bi se osigurala adekvatna razina vidljivosti potrebna vozačima. Ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku mogu se provesti:

- statičkom metodom (ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti)

- dinamičkom metodom (ispitivanje noćne vidljivosti).

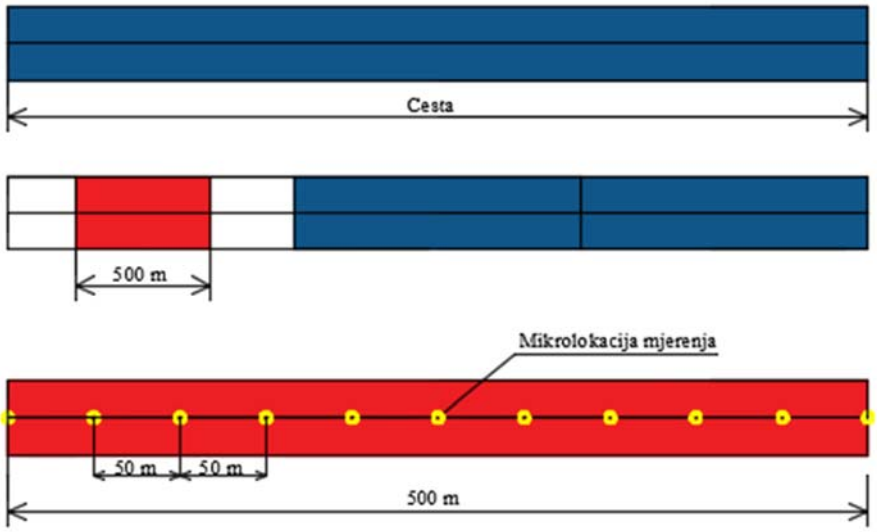
4.2.1. Statičko ispitivanje

Statičko ispitivanje uključuje ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku primjenom ručnog mjernog uređaja (retroreflektometra). Ono se provodi prema dvije metodologije: po „Kentucky metodi“ koja je starija i prema Njemačkom propisu ZTV M 02, odnosno Smjernicama i tehničkim zahtjevima za provođenje ispitivanja, mjerenja i dodjeljivanja ocjena vrijednosti izvedenih oznaka. Prilikom mjerenja dnevne i noćne vidljivosti oznaka određena je visina oka promatrača na 1.2 metra, visina farova na 0.65 metara iz čega proizlazi kut promatranja od 2.29º i kut osvjetljavanja od 1.24º na dužini od 30 metara između osobnog vozila i oznake na kolniku, što je vidljivo iz slike 36.



Slika 36.Tehnički uvjeti za ispitivanje noćne vidljivosti oznaka na kolniku
Izvor: [20]

Prema „Kentucky metodi“ duljina izvedenih oznaka odrađenih u jednom danu od strane jedne ekipe dijeli se na tri dijela. Mjerenje započinje na prvoj trećini, odnosno na prvoj sekciji promatrane ceste u kojoj se nasumično određuje duljina od 500 metara unutar koje se izvršava 10 mjerenja svakih 50 metara. Na svakoj mikrolokaciji tri puta se provodi mjerenje kako bi se dobila srednja vrijednost koja se uzima kao reprezentativna [20]. Ispitivanja prema ovoj metodi se provode u periodu od 30 do 60 dana nakon postavljanja oznaka, a njezin glavni nedostatak je činjenica da se ispitivanja provode isključivo u prvoj trećini zbog čega veći dio ceste ostaje neispitan. Na slici 34, grafički je prikazan postupak ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku „Kentucky metodom“.



Slika 37. Grafički prikaz provođena „Kentucky metode“
Izvor: Prilagođeno prema [20]

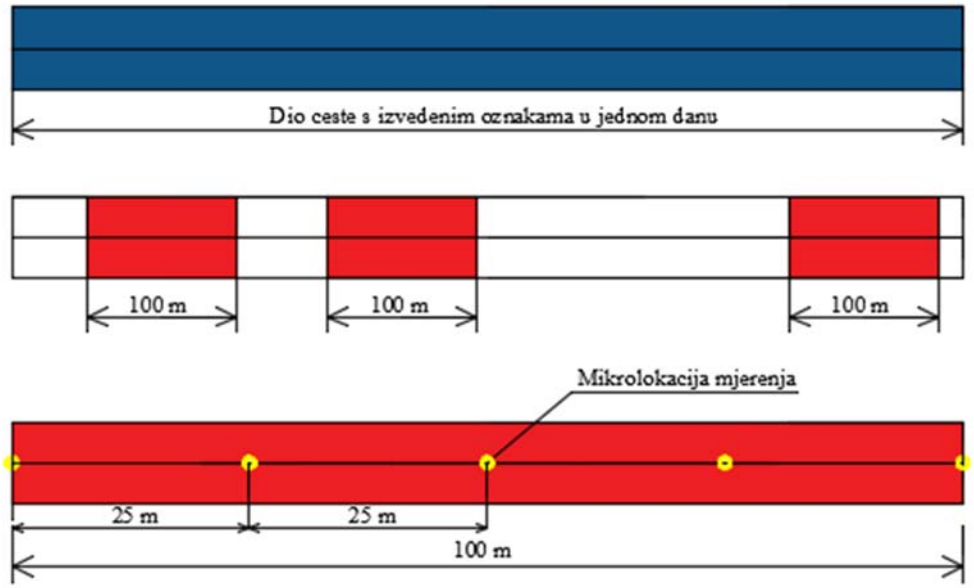
Statičko ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku prema Njemačkom propisu ZTV M 02 provodi se također u periodu od 30 do 60 dana nakon izvođenja oznaka. Ispitivanje je ograničeno dužinom izvedenih oznaka na kolniku od strane jedne ekipe (koja izvodi oznake) tijekom jednog dana. Kako bi se provelo ispitivanje, potrebno je imati ulazne parametre o dužini izvedenih uzdužnih oznaka na kolniku u jednom danu, izraženo u kilometrima te površini izvedenih ostalih oznaka u danu. Ovisno o dužini ili površini izvedenih oznaka formira se broj mjernih odsječaka kao što je prikazano u tablici 2. Mjerni odsječci se odabiru nasumično na cijeloj dionici ceste, a unutar svakog mjernog odsječka odabire se pet mjernih mjesta kao što je prikazano na slici 35. U odnosu na „Kentucky metodu“, ovom

metodom moguće je odabrati odsječke na cijeloj dionici ceste pri čemu se mogu dobiti realniji podaci o vidljivosti, odnosno kvaliteti oznaka [20].

Tablica 2. Kriteriji odabira potrebnog broja odsječaka prema Njemačkom propisu ZTV M 02

Dužina uzdužnih oznaka napravljenih u jednom danu (km)	Dužina ostalih oznaka napravljenih u jednom danu (m²)	Potreban broj mjernih odsječaka
< 1	< 120	1
1 do 5	120 do 600	2
> 5 do 10	> 600 do 1200	3
> 10	> 1200	4

Izvor: [20]



Slika 38. Ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku prema Njemačkom propisu ZTV M 02

Izvor: Prilagođeno prema [20]

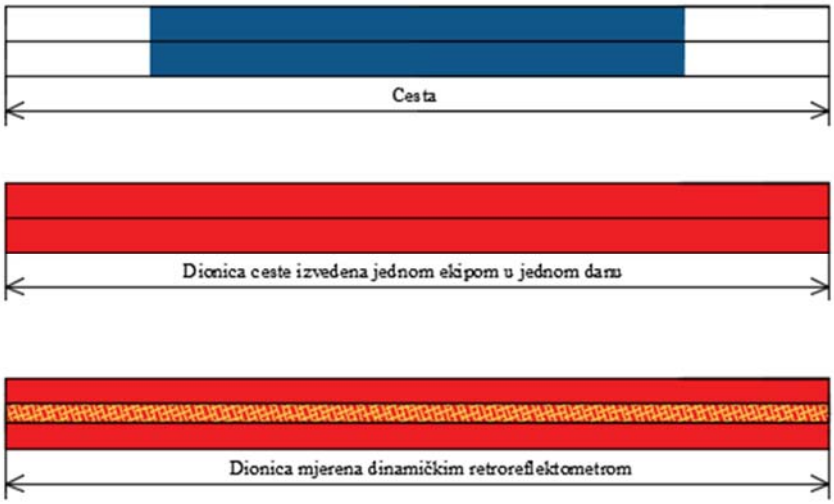
4.2.2. Dinamičko ispitivanje noćne vidljivosti oznaka na kolniku

Ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku dinamičkom metodom podrazumijeva ispitivanje noćne vidljivosti oznaka u cijeloj njihovoj dužini. Ispitivanje se provodi dinamičkim retroreflektometrom koji se postavlja na mjerno vozilo s lijeve ili desne strane, ovisno o poziciji oznake koja se ispituje, te omogućava prikupljanje podataka o iznosu noćne vidljivosti oznaka (R_L) tijekom vožnje kao što je prikazano na slici 36 [16].

Slika 39.Vozilo za ispitivanje vidljivosti oznaka na kolniku
Izvor: [20]

Princip mjerenja noćne vidljivosti, odnosno retrorefleksije oznaka je isti kao i kod statičke metode, što znači da se mjeri retrorefleksija svjetleće zrake od površine pod kutom od 2,29º, pri ulaznom kutu zrake svjetla na površinu od 1,24º na udaljenosti od 30 m kod kratkih svjetala vozila (Slika 36.).

U vozilu se nalazi prijenosno računalo koje je povezano s retroreflektometrom te omogućuje upravljanje, snimanje i pohranu podataka. Pohrana rezultata koeficijenata retrorefleksije definirana je podešenim mjernim intervalom. Naime, uređaj mjeri retrorefleksiju oznaka svake 2 ms te daje prosječne vrijednosti pojedine mjerne dionice u odnosu na postavljeni interval pa tako kod, npr. intervala dugačkog 100 m uređaj će svakih 100 m dati prosječnu vrijednost noćne vidljivosti u tom intervalu [2]. Shematski prikaz provođenja dinamičkog ispitivanja oznaka na kolniku prikazan je na slici 38.



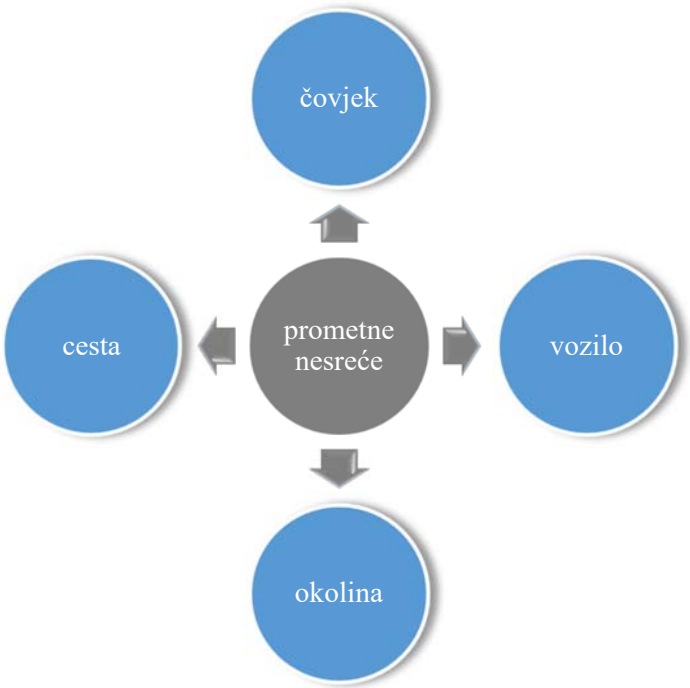
Slika 40. Grafički prikaz dinamičkog ispitivanja oznaka na kolniku
Izvor: Prilagođeno prema [20]

5. PROMETNE NESREĆE I POSLJEDICE S OBZIROM NA UVJETE VIDLJIVOSTI I VRSTU PROMETNE NESREĆE

Prometne nesreće nažalost su svakodnevna pojava u suvremenom društvu do kojih dolazi zbog mnogobrojnih čimbenika. One sa sobom donose velike neželjene posljedice, društvene, ali i financijske gubitke. Prometna nesreća se može definirati kao događaj na cesti u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena, poginula na mjestu prometne nesreće ili 30 dana nakon prometne nesreće preminula od uzrokovanih posljedica iste. Prometna nesreća je također i događaj na cesti u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo i u kojem je izazvana materijalna šteta kršenjem prometnih propisa [21].

5.1. Uzročnici prometnih nesreća

S obzirom na kompleksnost prometnih nesreća nužno je analizirati čimbenike koji utječu na njihov nastanak kako bi se mogle poduzeti adekvatne mjere vezane uz preventivno djelovanje te ublažavanje posljedica prometnih nesreća. Prema [19] najznačajniji čimbenici koji doprinose nastanku prometnih nesreća su: čovjek, cesta, vozilo i okolina (Slika 39.). Međusobnim preplitanjem pojedinih ili djelovanjem samo jednog čimbenika, značajna je vjerojatnost pojave prometne nesreće.



Slika 41. Mogući uzročnici nastanka prometnih nesreća
Izvor: Izradila autorica prema [19]

5.1.1. Čovjek

Svojim utvrđenim znanjem i stečenim iskustvom čovjek je u mogućnosti predvidjeti moguće konfliktne situacije i spriječiti neželjene posljedice. Isto tako, čovjek svojim nesavjesnim ponašanjem, krivim procjenama i narušenim psihofizičkim stanjem može znatno

utjecati na nastanak prometnih nesreća. Usprkos postavljenoj prometnoj signalizaciji kojom se naglašava potreba poštivanja prometnih ograničenja i najveće dopuštene brzine kretanja, čovjek često zanemari navedeno te neprilagođenom brzinom uvjetima na cesti dovodi sebe i druge sudionike u prometu u izravnu opasnost. Neodržavanjem dostatnog razmaka prilikom mimoilaženja, pretjecanjem i obilaženjem vozila u uvjetima na cesti koji to ne dopuštaju, oduzimanjem prednosti prolaska drugim vozilima, naglim skretanjem, vožnjom unazad i naglim kretanjem, čovjek svojim izravnim ponašanjem dovodi do nastanka prometnih nesreća. Neodgovornim ponašanjem i vožnjom pod utjecajem alkohola i drugih nedozvoljenih supstanci dolazi se do značajne vjerojatnosti za nastankom konfliktne situacije na prometnici koja može biti popraćena lakšom ili teškom prometnom nesrećom [22]. Pješaci, jednako kao i vozači, svojim nepromišljenim radnjama i propustima mogu uzrokovati sve navedeno.

5.1.2. Vozilo

Drugi čimbenik cestovne sigurnosti je vozilo. Propisanim tehničkim karakteristikama i ispravnošću vozila može se spriječiti mogućnost pojavljivanja prometnih nesreća uzrokovanih vozilom. Pravilno projektirani aktivni i pasivni elementi, poput kočnica, guma, sjedala, karoserije, položaja motora i slično, sprečavaju nastanak prometnih nesreća ili ublažavaju posljedice istih. Svjetlosno-signalni uređaji na vozilu značajni su čimbenici povećanja cestovne sigurnosti u svim vremenskim uvjetima, a posebno noću. Prednja i stražnja svjetla za označavanje vozila moraju biti takvog intenziteta da su uočljiva pri normalnoj vidljivosti za vozača iz suprotnog smjera s udaljenosti najmanje 300 metara. Ispitivanja provedena u Sjedinjenim Američkim Državama pokazala su da postavljanjem stop-svjetala u okviru stražnjeg stakla smanjuje nalijetanje stražnjeg vozila za gotovo 50%. Ispitivanja su pokazala da je jednako važno vidjeti i biti viđen, stoga svjetlosni i signalni uređaji sa stajališta sigurnosti moraju omogućavati promet vozila noću i u uvjetima slabe vidljivosti (magla, snijeg, kiša), obilježavati vozila stalnim svjetlosnim izvorima i reflektirajućim svjetlima te rasvjetljavati cestu i njezinu okolicu [19]. Učinkovitost rada farova na vozilu ovisi o njihovoj pravilnoj usmjerenosti i tehničkoj ispravnosti. Povećanjem visine farova za samo jedan stupanj povećava se daljina vidljivosti za 60-75%, ali se povećava i bljesak vozačima koji dolaze iz suprotnog smjera. Spuštanjem visine postavljenih farova za samo jedan stupanj smanjuje se daljina vidljivosti za 24-45%. Nečistoća i zamućenost farova smanjuje kvalitetu svjetla apsorpcijom i raspršenjem, što posebno dolazi do izražaja tijekom vlažnog vremena kada je korisno osvjetljenje više nego upola smanjeno. U tom slučaju vidljivost se smanjuje za 10% prema naprijed za kratka svjetla i za oko 15% za duga svjetla [5]. Smanjenje vidljivosti može dovesti do opasnih situacija na cesti jer vozači kasnije uočavaju, prepoznaju i mogu reagirati na nastale prepreke ispred njih.

5.1.3. Cesta

Jedan od svakako vrlo značajnih uzročnika zbog kojih može nastati prometna nesreća je cesta sa svim svojim popratnim elementima. Nepravilno projektirana cesta s nepreglednim i neadekvatno označenim dijelovima na opasnim segmentima, poput zavoja, uvelike smanjuje i narušava sigurnost. Nedostatak ili nepravilno postavljena prometna oprema koja podrazumijeva prometne znakove i oznake na kolniku, u ključnim trenucima tijekom vožnje može biti veliki pokazatelj smanjenja i ugrožavanja sigurnosti svih korisnika ceste. Kada se razmatra cesta, tada

se ključan naglasak stavlja i na stanje kolnika, kvalitetu izrade, održavanje i postojanje propisanog koeficijenta prianjanja između kotača i kolnika [22].

5.1.4. Okolina

Osim čovjeka, ceste i vozila, postoji još niz okolnosti zbog kojih može nastati prometna nesreća te su upravo ti ostali uzročnici u kombinaciji s prethodnima najčešći krivci nastanka teškim prometnih nesreća. Oni obuhvaćaju atmosferske prilike, kamenje na cesti, blato i ulje na kolniku te sve druge incidentne faktore koji se mogu pribrojiti ovoj skupini.

5.2. Utjecaj vidljivosti na sigurnost prometa

Vozač tijekom vožnje 90% informacija dobiva putem vida pa je vidljivost svih elemenata ceste kao i svih sudionika polazna osnova sigurnosti prometa koja se temelji na konceptu „vidjeti i biti viđen“ [2]. Nedovoljna i loša vidljivost na cestama značajan je uzročnik nastanka prometnih nesreća. U državama s motoriziranim prometom, nedovoljna i slaba vidljivost na cestama može znatno utjecati na smanjenje sigurnosti u prometu i to na tri načina. Prvo, noću u uvjetima slabe vidljivosti i u području gdje nema javne rasvjete, često dolazi do prometnih nesreća između pokretnih vozila i vozila u mirovanju ili vozila koja se sporo kreću. Najčešće u takvom slučaju dolazi do nastanka prometne nesreće s bočnim sudarom vozila ili udarom jednog vozila u stražnji dio drugog s obzirom da se tijekom noći produljuje vrijeme prilagodbe oka te reakcije vozača. Važno je naglasiti da su tijekom noći pješaci kao ranjivi korisnici još više izloženi riziku od naleta vozila ukoliko nisu pravilno osvjetljeni retroreflektirajućim prslukom ili nekim drugim retroreflektirajućim detaljima. U drugom slučaju, tijekom dana, kada je smanjena vidljivost, dolazi do nastanka čeonih prometnih nesreća ili sudara vozila pod nekim kutom. Treći slučaj slabe vidljivosti podrazumijeva vrijeme tijekom kojeg vladaju loši vremenski uvjeti te kiša, magla, snijeg i druge padaline uvelike smanjuju vidljivost. U Njemačkoj je zabilježeno da 5% teških prometnih nesreća s teretnim vozilima nastaje tijekom noći kada je smanjena vidljivost. U Australiji, prometne nesreće zbog loše vidljivosti čine 65% od ukupnog broja prometnih nesreća te najčešće obuhvaćaju sudar osobnog vozila i vozila na dva kotača [23].

Iz navedenog se može zaključiti da u uvjetima smanjene vidljivosti, prometna signalizacija ima važnu ulogu. Pravilno izvedene i kvalitetne oznake na kolniku mogu pozitivno djelovati na povećanje vidljivosti u otežanim uvjetima. Retrorefleksija oznaka na kolniku vraća dolazno svjetlo prema izvoru te tako vozačima pomaže vidjeti nalaze li se u svojoj traci na kolniku što posljedično može spriječiti nastanak teških prometnih nesreća i čeonih sudara između vozila, a posebno noću. Studijom provedena 2006. godine na Novom Zelandu nije ukazala na postojanje statistički značajne korelacije između retrorefleksije oznaka na kolniku i nastanka prometnih nesreća [24], dok je suprotno dokazano provedenom studijom 2014. godine kada se razmatrala povezanost retrorefleksije oznaka na kolniku i nastanka prometnih nesreća u noćnim uvjetima. Provedenom korelacijom utvrđena je statistički značajna povezanost. Mjesta na cesti na kojima je očitan veći koeficijent retrorefleksije bilježila su manji broj prometnih nesreća u odnosu na mjesta s većom vrijednošću retrorefleksije [25].

6. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI PROMETA NA CESTAMA REPUBLIKE HRVATSKE

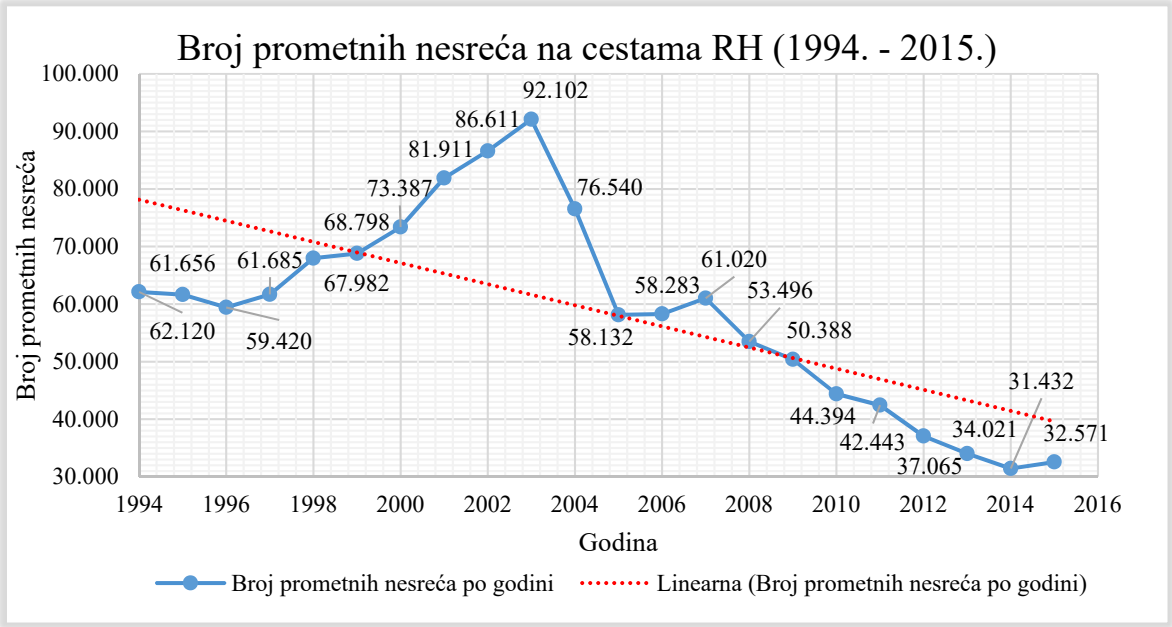
Sigurnost cestovnog prometa polazna je osnova prilikom projektiranja novih cesta te uvođenja izmjena i rekonstrukcija postojećih. Kako bi se utvrdilo kretanje prometnih nesreća na prometnicama RH, za potrebe ovog rada, potrebno je sagledati cjelokupno stanje sigurnosti prometa. Vođenjem statistika prometnih nesreća jasno se može pratiti trend rasta broja istih te na temelju prikupljenih podataka provesti nužne mjere smanjenja i poboljšanja postojećeg stanja. Analizom prometnih nesreća i vođenjem evidencije nastalih prometnih nesreća na pojedinim cestama, mogu se identificirati potencijalno opasne lokacije (crne točke) na cestama. Crne točke predstavljaju mjesto, odnosno lokaciju na cestovnoj mreži ili mreži ulica gdje postoji veća vjerojatnost da će doći do prometne nesreće, što ovisi i o drugim elementima ceste. To su najopasnija mjesta na prometnici, a obuhvaćaju dio prometnice u dužini od 300 metara gdje se u razdoblju od tri do pet godina dogodilo više od 12 prometnih nesreća s poginulim i ozlijeđenim osobama, 15 prometnih nesreća bez obzira na posljedice i tri ili više istovrsnih prometnih nesreća s ozlijeđenim ili poginulim osobama iste skupine sudionika [22].

Prema provedenim analizama i statistikama [26] na prometnicama RH, mogu se razlučiti crne točke, opasne dionice, mjesta s poginulim osobama i općenito mjesta s prometnim nesrećama. Programi uklanjanja crnih točaka na cestama moraju biti pravilno isplanirani i organizirani, a oni obuhvaćaju četiri koraka u provođenju postupka. Prvi korak podrazumijeva otkrivanje crnih točaka na prometnici prema analizi prikupljenih podataka i otkrivanju osnovnog razloga za pojavu nesreća. Zatim se određuju prioriteti, odnosno lokacije na kojima nastaju teže prometne nesreće s poginulim osobama koje uzrokuju veću nesigurnost pa je njih prvo potrebno analizirati. Nakon toga slijedi primjena potrebnih radnji i mjera ovisno o karakteristikama prometnih nesreća na određenoj lokaciji i naposljetku je potrebno promatrati učinke poduzetih mjera [2].

Metodološki pristup uklanjanja opasnih mjesta na prometnicama zahtjeva prethodno postojanje i neprestano nadopunjavanje baze podataka sa svim potrebnim pojedinostima koje su nužne za razumijevanje i provođenje potrebnih mjera. Baza podataka za uklanjanje opasnih mjesta mora sadržavati podatke o vrsti prometnih nesreća (prema posljedicama, vrstu sudara i sudionicima), mjestu nastanka prometnih nesreća (urbana ili ruralna sredina, vrsta i kategorija ceste, raskrižje), vremenu nastanka prometnih nesreća (dan, noć, dan u tjednu, datum), karakteristikama okoliša (svjetlost, vidljivost, vjetar, temperatura, kiša, snijeg), karakteristikama sudionika (starost, sposobnost, iskustvo, ponašanje, utjecaj alkohola, droga), karakteristikama vozila (vrsta vozila, starost, tehničke karakteristike), karakteristikama ceste (točna lokacija, geometrija ceste, vidljivost, stanje površine ceste, prometna oprema), karakteristikama prometa (gustoća i struktura prometnog toka, prosječna brzina kretanja vozila) te mišljenje stručnjaka (čimbenici koji su doveli do nastanka prometnih nesreća, procijenjena brzina kretanja vozila, položaj i ponašanje sudionika na cesti) [22].

U Republici Hrvatskoj od 1994. godine počeo se provoditi „Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa“ s postavljenim ciljevima za kontinuirano provođenje određenih aktivnosti usmjerenih na postizanje kratkoročnog i dugoročnog povećanja sigurnosti cestovnog prometa. Provođenjem Programa, stanje na cestama Republike Hrvatske znatno se poboljšalo

što se može potkrijepiti provedenom statistikom prometnih nesreća u periodu od 1994. do 2010. godine kada su se počele primjenjivati mjere iz Programa, a navedeni pad je nastavljen i nakon 2010. kao što je prikazano na grafikonu 1.



Grafikon 1. Stanje na cestama RH od 1994. do 2015. godine

Izvor: [26]

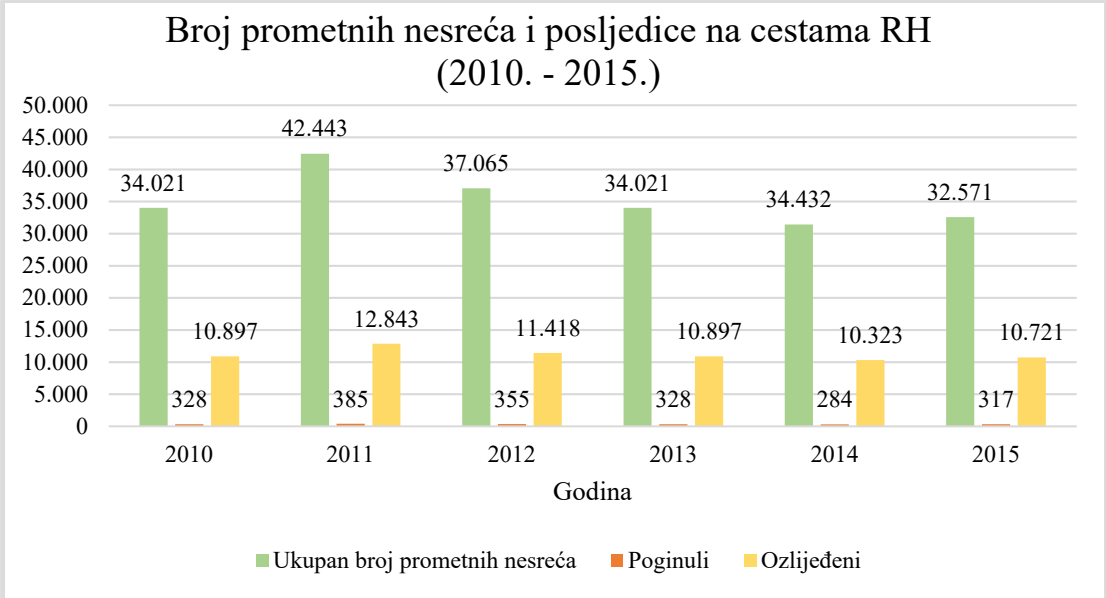
Prema prikazanom grafikonu, može se jasno uočiti trend pada ukupnog broja prometnih nesreća u prikazanim godinama, što je izuzetno pozitivno, ali ipak treba posebnu pažnju posvetiti i svakoj specifičnoj godini te uzrocima smanjenja sigurnosti u tim periodima kada ukupan broj prometnih nesreća na prometnicama naglo raste. Nezanemariva je 2003. godina kada je ukupan broj prometnih nesreća iznosio 92 102, što je zasigurno bio ključan trenutak za donošenje promjena i predstavljanje novog Zakona o sigurnosti prometa na cestama. Od tada se jasno vidi drastičan pad i pozitivni rezultati donesenog Zakona. Financijska stabilnost stanovnika RH doprinijela je povećanju broja osobnih automobila po stanovniku čime se povećao ukupan broj vozila na cestama te tako 2007. godine ponovno uzrokovalo povećanje ukupnog broja prometnih nesreća s 58 283 iz 2006. na 61 020 2007. godine. Od 2007. godine uspostavljen je kontinuirani pad broja prometnih nesreća.

Od 2010. godine Europska Unija (EU) postavila je obvezu poboljšanja sigurnosti na cestama smanjenjem broja smrtno stradalih osoba za 50% do 2020. godine što slijedi prethodni program smanjenja istog koji se odnosio na period od 2001. do 2010. Takav program podrazumijeva smanjenje od 9,7% smrtno stradalih osoba svake godine do 2020. godine kako bi se postigao cilj da se broj smrtno stradalih upola smanji [28]. Vođena takvim zahtjevima, RH je od pristupanja EU, a i prije, počela provoditi nužne mjere pa je tako Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa svoje djelovanje počeo usmjeravati na: [28]

- smanjenje najtežih posljedica prometnih nesreća u uvjetima stalno rastućeg prometa
- znatno povećanje preventivnog djelovanja policije i ostalih subjekata

- podizanje svijesti građana o problemu sigurnosti u prometu putem stalnih promidžbenih kampanja
- usklađivanje zakonodavstava prema posljedicama i uzrocima prometnih nesreća
- senzibiliziranje sredstava javnog priopćavanja i javnosti s problemom stradavanja u prometu
- povećanje prometne kulture
- uključivanje svih državnih tijela i stručnih organizacija vezanih za sigurnost cestovnog prometa u program te na taj način osigurati provođenje interdisciplinirnog i suvremenog pristupa problemu sigurnosti cestovnog prometa.

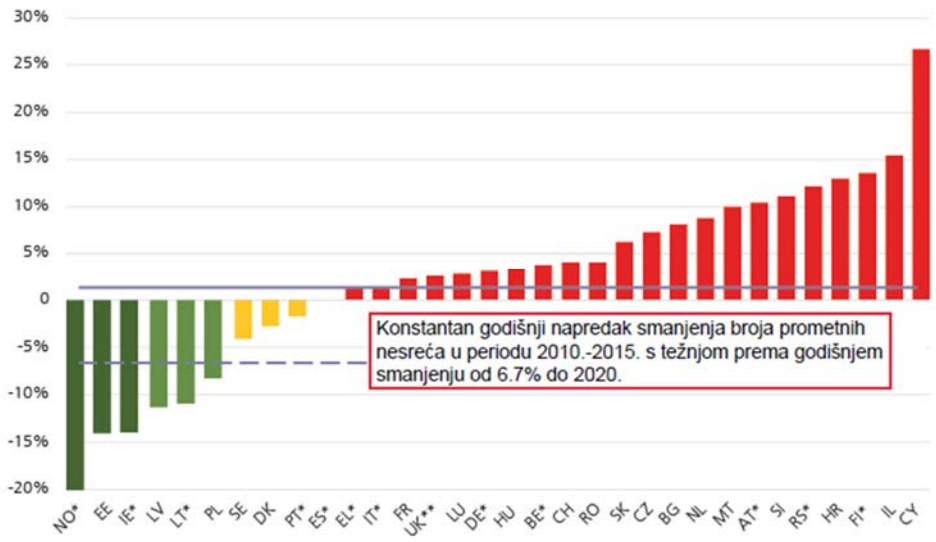
S obzirom na primijenjen sustavan pristup povećanja sigurnosti na cestama RH, od 2010. do 2015. godine, ukupan broj prometnih nesreća i broj nesreća sa smrtno stradalim i ozlijeđenim osobama, prikazanih na grafikonu 2, počeo se smanjivati.



Grafikon 2. Stanje sigurnosti na cestama RH u periodu 2010. - 2015.
Izvor: Izradila autorica prema [1]

Prema iznesenim vrijednostima i dalje se uočava pad ukupnog broja prometnih nesreća na prometnicama RH kao i smanjenje svih posljedica prometnih nesreća. Usprkos tome, 2015. godina prikazuje promjenu tog trenda što ukazuje na nužno uvođenje novih mjera i postupaka u pogledu sigurnosti kako ne bi došlo do neželjene promjene povećanjem broja prometnih nesreća.

Međutim, uz sve pozitivne rezultate i preventivne mjere sigurnosti, u odnosu na druge europske zemlje, stanje na cestama u RH je i dalje poprilično zabrinjavajuće, posebno ako se razmatra udio smrtno stradalih osoba u ukupnom broju prometnih nesreća. Iz slike 40. vidljivo je da se RH nalazi gotovo na začelju u odnosu na druge zemlje EU po poduzetim mjerama smanjenja broja prometnih nesreća.



Slika 42. Prikaz poduzetih mjera u državama i relativna promjena smrtnosti na cestama tijekom 2014. i 2015. godine

Izvor: [27]

Od svih zemalja članica EU, Norveška ima vrlo efikasan sustav kojim se uspjela smanjiti smrtnost na njihovim cestama u samo godinu dana za 20%, dok se u istom periodu u RH smrtnost povećala za 13%. Prema [28], najveći porast smrtno stradalih osoba u periodu 2014. – 2015. godine na cestama RH čine biciklisti i vozači vozila na dva kotača.

Usprkos poboljšanjima cestovne infrastrukture, prometne nesreće se i dalje događaju jer strukturalne promjene predstavljaju složen i spor proces koji se susreće s velikom prometnom potražnjom [28]. Jedna od mjera koja ne zahtijeva velika financijska ulaganja te opsežne građevinske zahvate je zasigurno poboljšanje prometne signalizacije, odnosno povećanje razine vidljivosti oznaka na kolniku.

7. ANALIZA KORELACIJE IZMEĐU RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA KOLNIKU I PROMETNIH NESREĆA

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi povezanost retrorefleksije oznaka na kolniku i nastanaka prometnih nesreća. U tu svrhu prikupljeni su i obrađeni podaci vezani uz prometne nesreće i retrorefleksiju oznaka na državnim cestama duž RH u periodu od 2013. do 2015. godine.

7.1. Metodologija prikupljanja podataka

Kako bi se uspostavio i odredio odnos retrorefleksije oznaka na kolniku i nastanka prometnih nesreća potrebno je prikupiti podatke o broju prometnih nesreća i razinama retrorefleksije na državnim cestama duž RH. Podaci o prometnim nesrećama preuzeti su iz Biltena o sigurnosti cestovnog prometa te od strane Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske, za svaku od promatranih godina. Zbog točnosti analize, u obzir su uzete prometne nesreće koje su se dogodile u periodu 2013.-2015. godine na 21 državnoj cesti RH. Obuhvaćene prometne nesreće su podijeljene u skupine prema poginulim i ozlijeđenim osobama te prema nastaloj materijalnoj šteti tijekom noći, sumraka i svitanja, kada najviše dolazi do izražaja vidljivost oznaka na kolniku. Vrste promatranih prometnih nesreća uključivale su međusobni sudar vozila u pokretu iz suprotnih smjerova, međusobni bočni sudar vozila, slijetanje vozila s ceste, udar vozila u objekt na cesti i udar vozila u objekt kraj ceste.

Pojedinoj godini i državnoj cesti pridružene su vrijednosti iznosa koeficijenta retrorefleksije oznaka na kolniku za središnju, rubnu desnu i rubnu lijevu oznaku mjerene dinamičkom metodom ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku. Sva mjerenja izvršena su od strane Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Kako bi se dobio uvid u utjecaj razine retrorefleksije oznaka na kolniku na nastanak prometnih nesreća sve ceste, oznake su mjerene dva puta. Prvi put kada su oznake bile obnovljene i to između 30-tog i 60-tog dana nakon izvođenja te drugi puta nakon zime, odnosno u proljeće kada su oznake bile postojeće [33].

Za oba statusa oznake, iz statistika prometnih nesreća, dobiven je broj i posljedice istih na način da se za obnovljenu liniju gledao period od datuma mjerenja do kraja studenog iste godine. S druge strane, za postojeće oznake, nesreće su se razmatrale za period od prosinca prethodne godine (odnosno od kraja perioda obnovljene oznake) do datuma kada je mjerena postojeća oznaka. Razlog tome je činjenica da su na svim analiziranim cestama oznake izvođene tijekom proljeća i to bojom koja u prvih šest mjeseci značajno gubi na vrijednosti retrorefleksije.

Vodeći se pretpostavkom da je veća vjerojatnost nastanka prometnih nesreća na opterećenijim prometnicama s većim brojem vozila, cjelokupnoj analizi pridružene su i vrijednosti prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP) za svaku promatranu državnu cestu. Podaci o PGDP-u preuzeti su iz Publikacije „Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske“ za svaku od promatranih godina.

7.2. Analiza korelacije retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća

Detaljnim uvidom u strukturu, kretanja i karakteristike prometnih nesreća te provedenim istraživanjem i saznanjima o važnosti primjene oznaka na kolniku, došlo se do ključnog dijela ovog diplomskog rada. Hipoteza rada se temelji na postojanju veze između razine retrorefleksije oznaka na kolniku i učestalosti nastanka prometnih nesreća.

Prikupljanjem, obradom i grupiranjem podataka, prikazanih u tablici 3, dobile su se vrijednosti broja poginulih i ozlijeđenih osoba, izazvane materijalne štete i ukupnog zbroja poginulih, ozlijeđenih osoba i materijalne štete na pojedinoj državnoj cesti u RH u promatranom periodu 2013. - 2015. godine, za obnovljene i postojeće oznake u uvjetima smanjene vidljivosti. Također, navedenim podacima su pridružene i vrijednosti prosječnog iznosa koeficijenta retrorefleksije za postojeću i obnovljenu oznaku. Važno je napomenuti da prosječna vrijednost koeficijenta retrorefleksije obuhvaća vrijednosti središnje, rubne lijeve i rubne desne oznake te na taj način predstavlja vrijednost retrorefleksije cijele ceste.

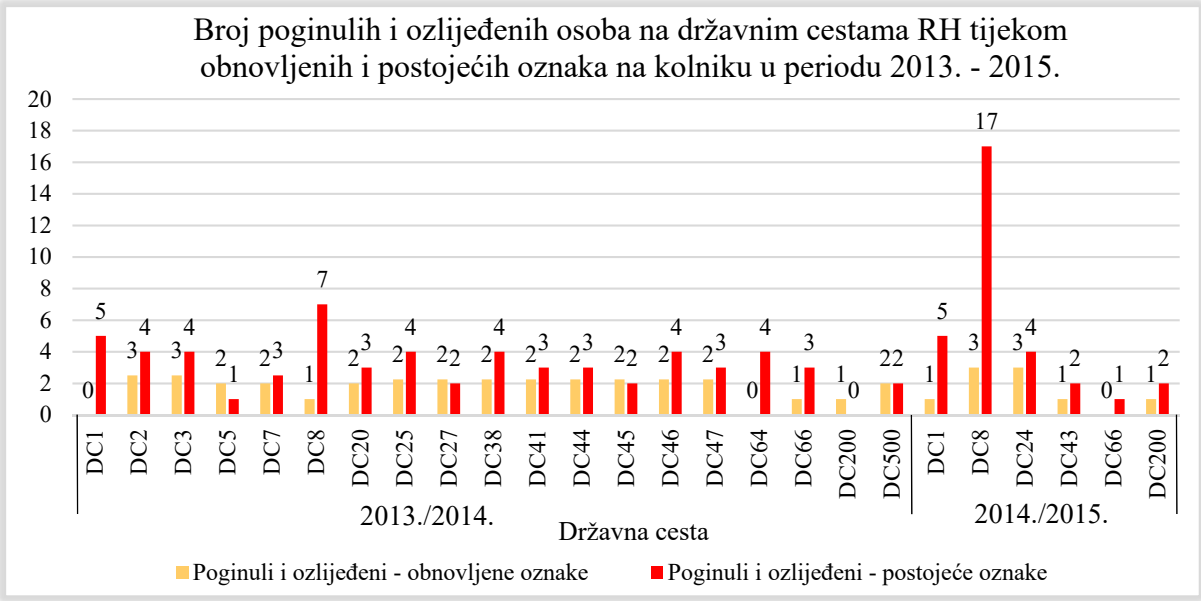
Iz tablice 3. vidljivo je da su se u uvjetima smanjene vidljivosti (noći, sumrak i svitanje) na 21 državnoj cesti u periodu od 2013. do 2015. godine ukupno dogodile 93 prometne nesreće u periodu kada su oznake bile obnovljene. Od ukupno 93 nesreće, 50 ih je rezultiralo materijalnom štetom te su ukupno 43 osobe smrtno stradale ili ozlijeđene. Prosječna retrorefleksija obnovljenih oznaka (R_L) na analiziranim cestama iznosila je 256 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$. Za razliku od obnovljenih, na cestama s postojećim oznakama, u istom periodu od 2013. do 2015. godine dogodilo se 199 prometnih nesreća u kojima su 92 osobe bile ozlijeđene ili smrtno stradale te je čak 107 prometnih nesreća rezultiralo materijalnom štetom. Prosječna vrijednost retrorefleksije postojećih oznaka iznosila je 164 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$. Navedene vrijednosti ukazuju na velik porast broja, ne samo prometnih nesreća već i teških posljedica istih pogoršanjem kvalitete oznaka na kolniku.

Tablica 3. Ključni parametri obnovljenih i postojećih oznaka u odabranim županijama na državnim cestama RH u periodu od 2013. do 2015. godine

			Prosječne vrijednosti							
			Obnovljena				Postojeća			
Županija	God.	Cesta	Poginuli i ozlijeđeni	Mat. Šteta	Uk.	R_L	Poginuli i ozlijeđeni	Mat. Šteta	Uk.	R_L
Karlovačka	2013./ 2014.	DC1	3	9	12	469	6	14	20	174
		DC3	1	2	3	411	0	4	4	224
Ličko-senjska	2013./ 2014.	DC1	4	1	5	354	1	4	5	131
		DC8	1	3	4	351	1	0	1	293
		DC25	4	2	6	261	0	1	1	98
Šibensko-kninska	2013./ 2014.	DC1	1	2	3	264	1	1	2	184
		DC8	3	4	7	311	4	4	8	291
		DC27	0	0	0	346	1	0	1	250
Splitsko-dalmatinska	2013./ 2014.	DC1	3	1	4	153	2	4	6	146
		DC8	7	9	16	197	7	8	15	153
	2014./ 2015.	DC1	1	5	6	185	5	8	13	145
		DC8	10	15	25	157	35	37	72	212
Koprivničko-križevačka	2013./ 2014.	DC2	2	1	3	243	2	1	3	114
		DC41	0	2	2	246	0	1	1	74
Osječko-baranjska	2013./ 2014.	DC2	2	2	4	271	2	4	6	112
		DC7	3	5	8	286	4	7	11	150
Varaždinska	2013./ 2014.	DC2	2	0	2	259	1	0	1	151
		DC3	1	1	2	227	1	5	6	137
Virovitičko-podravska	2013./ 2014.	DC2	3	2	5	278	1	1	2	173
		DC5	0	0	0	330	2	1	3	233
Vukovarsko-srijemska	2013./ 2014.	DC2	2	0	2	272	0	0	0	112
		DC46	2	1	3	294	2	3	5	170
Međimurska	2013./ 2014.	DC3	1	3	4	237	0	5	5	98
		DC20	2	3	5	232	2	2	4	74
Zagrebačka i Grad Zagreb	2013./ 2014.	DC3	0	1	1	302	0	0	0	197
Primorsko-goranska	2013./ 2014.	DC3	2	3	5	230	1	4	5	75
		DC8	8	11	19	334	12	7	19	176
		DC66	0	0	0	241	0	1	1	239
	2014./ 2015.	DC8	2	8	10	259	9	23	32	181
		DC66	0	1	1	182	1	2	3	149
Brodsko-posavska	2013./ 2014.	DC5	0	0	0	190	0	0	0	80
		DC7	0	0	0	146	1	2	3	74

Zadarska	2013./ 2014.	DC8	8	4	12	189	3	4	7	187
	2014./ 2015.	DC8	6	11	17	206	2	6	8	165
Požeško-slavonska	2013./ 2014.	DC38	0	2	2	259	0	2	2	80
Istarska	2013./ 2014.	DC44	1	0	1	235	1	0	1	207
		DC64	0	1	1	277	0	0	0	212
		DC66	2	3	5	267	1	0	1	268
		DC200	0	0	0	245	0	1	1	194
		DC500	0	0	0	268	0	1	1	263
Bjelovarsko-bilogorska	2013./ 2014.	DC45	0	1	1	247	0	0	0	140
	2014./ 2015.	DC43	1	0	1	266	0	0	0	134
Sisačko-moslavačka	2013./ 2014.	DC47	0	2	2	231	0	0	0	117
Krapinsko-zagorska	2014./ 2015.	DC24	3	4	7	288	4	3	7	237
Ukupno			**43**	**50**	**93**	**-**	**92**	**107**	**199**	**-**

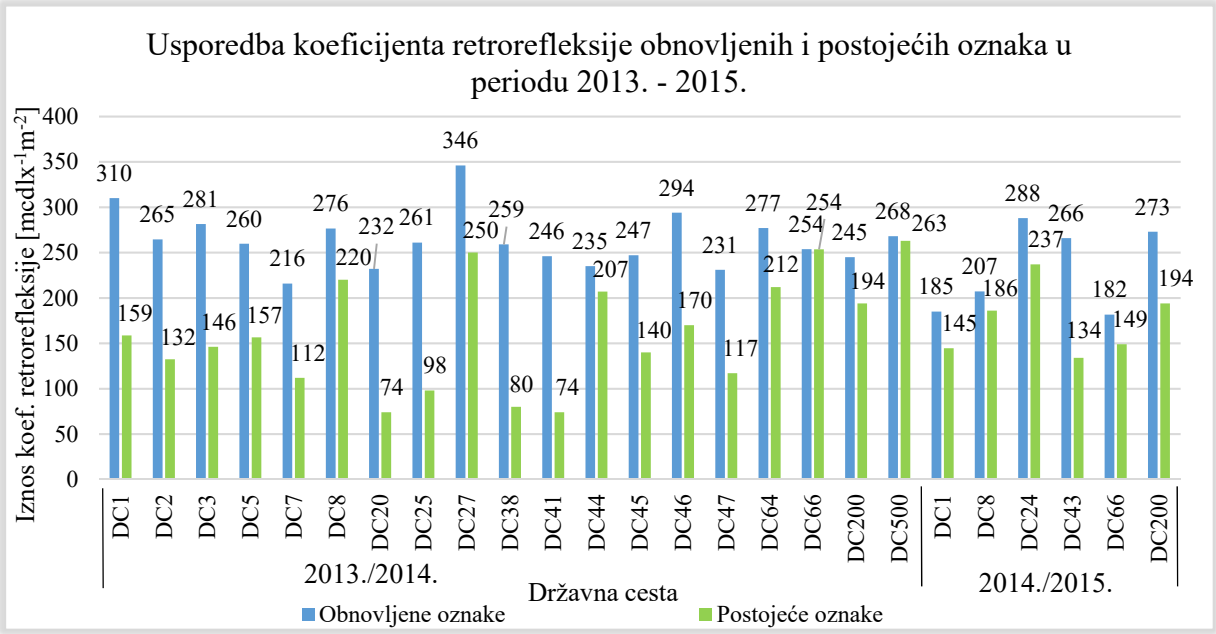
Usporedbom priloženih vrijednosti broja poginulih i ozlijeđenih osoba na odabranim državnim cestama RH tijekom obnovljenih i postojećih oznaka na kolniku u periodu 2013. - 2015. godine, koje su prikazane na grafikonu 3, jasno se može uočiti pogoršanje stanja sigurnosti na prometnicama slabljenjem kvalitete postavljenih oznaka od trenutka obnavljanja. Prikazani grafikon sadrži poprilično opterećene prometnice, poput DC1 i DC8 (Jadranska magistrala) na kojima već unaprijed postoji velika vjerojatnost da će doći do prometnih nesreća, stoga se ovim grafikonom pretpostavljeno može jasno potvrditi. Također se može zamijetiti porast broja poginulih i ozlijeđenih prije obnove oznaka. Značajan skok broja poginulih i ozlijeđenih osoba zabilježen je na državnoj cesti DC8, gdje je broj poginulih i ozlijeđenih tijekom postojećih oznaka za deset veći nego godinu dana prije. Razmatrajući upravo takve velike skokove u vrijednostima u periodu od samo dvije godine, daje se naslutiti važnost primjene kvalitetne horizontalne signalizacije u kontekstu povećanja cestovne sigurnosti svih sudionika u prometu.



Grafikon 3. Usporedba poginulih i ozlijeđenih osoba u periodu 2013.-2015. za vrijeme obnovljenih i postojećih oznaka

Izvor: Izradila autorica prema [29]

Kao što je već prethodno navedeno, vidljivost oznaka na kolniku tijekom noći i u uvjetima smanjene vidljivosti, omogućuju staklene kuglice ugrađene u oznake. Od trenutka postavljanja oznake na kolnik do njezine ponovne obnove smanjuje se iznos koeficijenta retrorefleksije što postupno uzrokuje smanjenje vidljivosti oznaka. Prema tome, smanjenje iznosa koeficijenta retrorefleksije oznaka na odabranim državnim cestama u RH može se zamijetiti kod postojećih oznaka na prikazanom grafikonu 4.



Grafikon 4. Usporedba koeficijenata retrorefleksije obnovljenih i postojećih oznaka u periodu 2013.-2015.

Izvor: Izradila autorica prema [29]

Iz grafikona 4. može se uočiti znatna razlika između koeficijenta retrorefleksije obnovljenih oznaka u odnosu na postojeće, naročito na državnoj cesti DC1. Prosječna vrijednost smanjenja koeficijenta retrorefleksije na svim cestama za navedeno razdoblje iznosi 92 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$.

Usporedbom podataka o iznosima koeficijenta retrorefleksije postojećih i obnovljenih oznaka na odabranim državnim cestama u periodu od 2014. do 2015. godine, također se može primijetiti značajno povećanje koeficijenta obnovljenih oznaka na svim državnim cestama te ukoliko se navedeno poveže s prikazanim grafikonom 3, može se uvidjeti nužna potreba konstantnog ispitivanja i mjerenja iznosa koeficijenta retrorefleksije kako bi se prikupili podaci i utvrdilo postoji li potreba za obnavljanjem postavljenih oznaka na kolniku.

Kako bi se dokazala veza između razine retrorefleksije i broja prometnih nesreća, proveden je T-test. T-test predstavlja statističku metodu kojom se efikasno utvrđuje razlikuju se dvije skupine podataka na temelju njihovih prosječnih vrijednosti. Uspoređujući te vrijednosti dobije se odnos koji pokazuje postoji li značajna razlika i kolika je ona između ispitanih vrijednosti [31]. Što je manji dobiveni iznos u T-testu (p), to postoji veća sličnost ili povezanost podataka. Oznaka p nalazi se u rangu od 0% do 100% te se najčešće prikazuje decimalnim brojem, a predstavlja vjerojatnost povezanosti uzorka. Dobivena vrijednost od 0,05 ili 5% predstavlja statistički značajnu povezanost dvije promatrane skupine podataka. Postoji više vrsta T-testova koji se primjenjuju ovisno o vrsti uzorka i njegovim karakteristikama. U provedenoj analizi za izradu ovog diplomskog rada, proveo se T-test pod nazivom „T-test paired two sample for means“ s obzirom na to da se takva vrsta T-testa koristi kod podataka čija se mjerenja ponavljaju, a postoji sličnost između uzoraka [32]. Rezultati T-testa prikazani su u tablici 4 .

Tablica 4. T-test broja poginulih i ozlijeđenih osoba na obnovljenim i postojećim oznakama

	Poginule i ozlijeđene osobe - obnovljene oznake	*Poginule i ozlijeđene osobe - postojeće oznake*
Srednja vrijednost	1,72	3,66
Varijanca	0,793333333	9,931666667
Veličina uzorka	25	25
Pearsonova korelacija	0,265261604	
Značajnost: P(T<=t) two-tail	**0,003917802**	

Iz prikazane tablice 4. mogu se iščitati iznosi srednje vrijednosti, varijance i veličine uzorka varijable 1 (poginule i ozlijeđene osobe kod obnovljenih oznaka) i varijable 2 (poginule i ozlijeđene osobe kod postojećih oznaka). Postavljenim kriterijem statističke značajnosti α, koji iznosi 0,05, dokazana je postavljena hipoteza o značajnoj povezanosti varijable 1 i 2. Veličina p, dobivena T-testom, koja iznosi 0,003917802 je manja od postavljenog kriterija, koji iznosi 0,05 te se time potvrđuje činjenica da postoji statistički značajna razlika između učestalosti prometnih nesreća kada su oznake obnovljene, odnosno kada im je retrorefleksija viša i onda kada su postojeće (niža retrorefleksija).

Drugim provedenim T-testom, prikazanim tablicom 5, uzela se u obzir nastala materijalna šteta kod obnovljenih i postojećih oznaka.

Tablica 5. T-test nastale materijalne štete tijekom obnovljenih i postojećih oznaka

	Materijalna šteta - obnovljene oznake	*Materijalna šteta - postojeće oznake*
Srednja vrijednost	2	4,288
Varijanca	4,854166667	28,05276667
Veličina uzorka	25	25
Pearsonova korelacija	0,858912509	
Značajnost: P(T<=t) two-tail	**0,00393502**	

Iz rezultata prikazanih u tablici 5, vidljivo je da parametar značajnosti (P(T<=t) two-tail) iznosi 0,00393502 te je manji od postavljenog kriterija statističke značajnosti (α=0,05) čime je dokazano postojanje statistički značajne razlike između učestalosti nastanka nesreća s materijalnom štetom tijekom obnovljenih i postojećih oznaka na kolniku.

Trećim T-testom uzete su u obzir ukupne vrijednosti poginulih, ozlijeđenih osoba i nastale materijalne štete tijekom obnovljenih i postojećih oznaka na analiziranim državnim cestama (Tablica 6.).

Tablica 6. T-test ukupnog broja nesreća kod obnovljenih i postojećih oznaka

	Ukupan br. Nesreća - obnovljene oznake	*Ukupan br. nesreća - postojeće oznake*
Srednja vrijednost	3,72	7,948
Varijanca	6,355833333	68,50093333
Veličina uzorka	25	25
Pearsonova korelacija	0,827783025	
Značajnost: P(T<=t) two-tail	**0,002802036**	

Provedenim T-testom također je dokazano postojanje statistički značajne razlike između ukupnog broja prometnih nesreća kod obnovljenih i postojećih oznaka na kolniku (vrijednost p = 0,00280236 <0,05).

Dodatna potvrda dobivenih rezultata provedena je korelacijskom analizom između ukupnog broja prometnih nesreća, broja poginulih i ozlijeđenih te materijalne štete s PGDP-om te razinom retrorefleksije samih oznaka. Općenito, korelacijskom analizom se utvrđuje odnos između dvije skupine podataka, odnosno uspoređuje se utjecaj zavisne varijable (kriterija) i nezavisne varijable (prediktora). Korelacija može biti pozitivna ili negativna, što se može prikazati padajućim ili rastućim pravcem, ako je korelacija linearna. Do pozitivne korelacije dolazi ukoliko porast jedne varijable predstavlja porast i druge varijable, dok negativna korelacija nastaje kada jedna varijabla raste, a druga istovremeno pada [32].

S obzirom na to da kvaliteta i trajnost oznaka na kolniku ovisi i o broju vozila, odnosno prometnom opterećenju, što posljedično ima velik utjecaj na promjenu koeficijenta retrorefleksije oznaka i veće vjerojatnosti za nastankom prometnih nesreća, napravila se korelacija prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP) i iznosa koeficijenta retrorefleksije obnovljenih oznaka na državnim cestama RH za 2014., 2015. i 2016. godinu. Korelacija je također obuhvaćala broj poginulih i ozlijeđenih osoba i nastalu materijalnu štetu. Prosječne vrijednosti koeficijenta retrorefleksije na odabranim cestama podijeljene su u tri skupine pri čemu je prva skupina predstavljala vrijednosti u intervalu od 100 do 200 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$, druga skupina od 200 do 300 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$, dok je treća skupina obuhvaćala vrijednosti prosječnog koeficijenta retrorefleksije veće od 300 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$. Obrada ulaznih podataka provedena je u statističkom programu SPSS gdje se koristila Pearsonova korelacija. Odnos odabranih parametara i dobivenih vrijednosti za prvu skupinu prikazan je u tablici 7.

Tablica 7. Korelacija odabranih parametara za skupinu I

		Materijalna šteta	Poginuli i ozlijeđeni	PGDP	R_L
Materijalna šteta	Pearsonova korelacija	1	0,989**	0,598**	-0,051
	Značajnost (2-tailed)		0,000	0,001	0,791
Poginuli i ozlijeđeni	Pearsonova korelacija	0,989**	1	0,575**	-0,107
	Značajnost (2-tailed)	0,000		0,001	0,580
PGDP	Pearsonova korelacija	0,598**	0,575**	1	0,166
	Značajnost (2-tailed)	0,001	0,001		0,389
R_L	Pearsonova korelacija	-0,051	-0,107	0,166	1
	Značajnost (2-tailed)	0,791	0,580	0,389	

**. Korelacija je značajna na razini 0.01 (2-tailed).

a. Skupina = I

b. Veličina uzorka (N) = 29

U prikazanoj tablici 7, vidljive su vrijednosti dobivene provedenom Pearsonovom korelacijom između materijalne štete, poginulih i ozlijeđenih, PGDP-a i prosječne vrijednosti koeficijenta retrorefleksije. Na temelju obrađenih podataka jasno se uočava statistički značajna povezanost PGDP-a i broja poginulih i ozlijeđenih te nastale materijalne štete. Drugim riječima, povećanjem broja vozila na cestama postoji statistički značajna vjerojatnost da će nastati više prometnih nesreća s poginulim i ozlijeđenim osobama te materijalnom štetom. U ovom slučaju za skupinu I koja predstavlja prosječne vrijednosti koeficijenta retrorefleksije u intervalu 100-200 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$, postoji povezanost između navedenih vrijednosti i broja poginulih i ozlijeđenih te nastale materijalne štete, međutim ona nije statistički značajna.

Korelacija odabranih parametara za drugu skupinu vrijednosti koeficijenata retrorefleksije prikazana je u tablici 8.

Tablica 8. Korelacija odabranih parametara za skupinu II

		Materijalna šteta	Poginuli i ozlijeđeni	PDGP	R_L
Materijalna šteta	Pearsonova korelacija	1	0,982**	0,352**	-0,224*
	Značajnost (2-tailed)		0,000	0,000	0,024
Poginuli i ozlijeđeni	Pearsonova korelacija	0,982**	1	0,317**	-0,212*
	Značajnost (2-tailed)	0,000		0,001	0,034
PDGP	Pearsonova korelacija	0,352**	0,317**	1	-0,268**
	Značajnost (2-tailed)	0,000	0,001		0,007
R_L	Pearsonova korelacija	-0,224*	-0,212*	-0,268**	1
	Značajnost (2-tailed)	0,024	0,034	0,007	

**. Korelacija je značajna na razini 0.01 (2-tailed).

*. Korelacija je značajna na razini 0.05 (2-tailed).

a. Skupina = II

b. Veličina uzorka (N) = 101

Tablica 8 prikazuje korelaciju nastale materijalne štete, poginulih i ozlijeđenih, PGDP-a i vrijednosti koeficijenta retrorefleksije za drugu skupinu, odnosno za vrijednosti koeficijenta retrorefleksije od 200 do 300 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$. Prema navedenoj tablici može se uočiti negativna povezanost prosječne vrijednosti koeficijenta retrorefleksije i materijalne štete, poginulih i ozlijeđenih te PGDP-a. Prema tome se može zaključiti da se s povećanjem kvalitete oznaka na kolniku i veće vrijednosti koeficijenta retrorefleksije smanjuje broj prometnih nesreća, kako s materijalnom štetom tako i s poginulim osobama. Također, veća vrijednost koeficijenta retrorefleksije, a samim time i veća kvaliteta oznaka na kolniku zastupljena je na cestama s manjim brojem vozila.

Korelacija odabranih parametara za treću skupinu vrijednosti koeficijenata retrorefleksije prikazana je u tablici 9.

Tablica 9. Korelacija odabranih parametara za skupinu III

		Materijalna šteta	Poginuli i ozlijeđeni	PDGP	R_L
Materijalna šteta	Pearsonova korelacija	1	0,955**	0,339**	-0,271*
	Značajnost (2-tailed)		0,000	0,009	0,038
Poginuli i ozlijeđeni	Pearsonova korelacija	0,955**	1	0,337**	-0,262*
	Značajnost (2-tailed)	0,000		0,009	0,045
PDGP	Pearsonova korelacija	0,339**	0,337**	1	-0,021
	Značajnost (2-tailed)	0,009	0,009		0,872
R_L	Pearsonova korelacija	-0,271*	-0,262*	-0,021	1
	Značajnost (2-tailed)	0,038	0,045	0,872	

**. Korelacija je značajna na razini 0.01 (2-tailed).

*. Korelacija je značajna na razini 0.05 (2-tailed).

a. Skupina = III

b. Veličina uzorka (N) = 59

Treća skupina koja obuhvaća koeficijent retrorefleksije veći od 300 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ te pripadajuću korelaciju s materijalnom štetom, poginulim i ozlijeđenima te PGDP-om, prikazana je u tablici 9. Iz prikazane tablice uočava se povezanost prosječne vrijednosti koeficijenta retrorefleksije s nastalom materijalnom štetom, poginulim i ozlijeđenim osobama te PGDP-om. Korelacija koeficijenta retrorefleksije treće skupine i materijalne štete, poginulih i ozlijeđenih te PGDP-om također je negativna, ali statistički značajna prema čemu se može zaključiti da i kod oznaka na kolniku s koeficijentom retrorefleksije većim od 300 $mcd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ dolazi do smanjenja broja prometnih nesreća ukoliko se navedeni koeficijent poveća.

Na temelju provedene statističke obrade podataka, korelacije i T-testa, dobivene vrijednosti su pokazale značajnu povezanost, broja poginulih i ozlijeđenih osoba, materijalne štete i ukupno poginulih, ozlijeđenih i materijalne štete, za vrijeme obnovljenih i postojećih oznaka na kolniku. Smanjenjem kvalitete oznaka na kolniku, odnosno slabljenjem koeficijenta retrorefleksije oznaka, značajno se smanjuje vidljivost oznaka i povećava broj prometnih nesreća s raznim posljedicama. Povećanje prometnog opterećenja ima izravan utjecaj na obnovljene oznake na kolniku, jer povećanjem istog smanjuje se kvaliteta oznaka što može utjecati na pogoršanje već pomalo istrošenih ugrađenih strukturalnih elemenata.

8. ZAKLJUČAK

Prometna signalizacija predstavlja osnovno sredstvo kojim se uspostavlja sigurno, nesmetano i precizno vođenje svih sudionika u prometu do željenog odredišta. Oznake na kolniku, kao sastavni dio prometne signalizacije svojim kontinuitetom, dosljednošću, jednostavnosti i razumljivosti prema svim korisnicima ceste omogućuju pravilno kretanje i snalaženje u cijeloj mreži prometnica. Kontinuiranim označavanjem prometnica longitudinalnim i poprečnim oznakama, osigurava se bolje vizualno vođenje što uvelike doprinosi povećanju sigurnosti u uvjetima smanjene vidljivosti, tijekom noći, sumraka i svitanja. Uočavanjem rubnih i ostalih oznaka na kolniku, vozači se mogu i pri većim brzinama kretanja na vrijeme prilagoditi nadolazećim opasnostima poput oštrih zavoja, neutvrđenih bankina i rubova cesta te nepreglednih područja. Veličina, boja i dizajn izvedenih oznaka na kolniku znatno utječu na smanjenje vremena potrebnog za uočavanje, prepoznavanje i reagiranje u iznenadnim i konfliktnim situacijama.

Vidljivost oznaka na kolniku, a samim time i kvaliteta, uvjetovana je količinom, rasprostranjenošću, veličinom, stupnjem utiskivanja staklenih kuglica te viskozitetu materijala i ostalim uvjetima okoline. S obzirom na to da je vidljivost oznaka na kolniku izražena količinom svjetla koja se od oznake na kolniku reflektira natrag prema svom izvoru, u smjeru vozila i vozača, materijali za izradu oznaka na kolniku moraju biti kvalitetni i zadovoljavati minimalne propisane vrijednosti koeficijenta retrorefleksije. Dinamičkim ispitivanjem oznaka na kolniku nakon postavljanja i prije obnavljanja postojećih, može se kreirati kvalitetna baza podataka za pojedinu državnu cestu i za točnu lokaciju oznake kako bi se pohranjivale vrijednosti i vodila evidencija za buduća istraživanja. Dinamičko ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku učinkovita je i suvremena metoda te omogućuje brzi uvid u stvarno stanje horizontalne signalizacije na cestama.

Stalan i velik rast broja prometnih nesreća na cestama RH, čiji je vrhunac dosegnut 2003. godine, prekinut je intenzivnim djelovanjem Nacionalnog programa sigurnosti cestovnog prometa na temelju kojeg se uspostavio blagi trend pada broja prometnih nesreća i stradanja. Razlika ukupnog broja prometnih nesreća od 2003. do 2015. godine na cestama RH iznosi nešto više od 50 500 prometnih nesreća, što je svakako iznimno velik napredak. S ciljem potpunog smanjena broja prometnih nesreća, potrebno je nastaviti provođenje učinkovitih mjera i ugledati se na druge europske zemlje poput Norveške koja efikasno smanjuje stradanja na cestama.

Cilj ovog diplomskog rada je bio utvrditi postoji li korelacija između retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća. Prikupljenim i obrađenim podacima o prometnom opterećenju, broju poginulih i ozlijeđenih osoba, uzrokovane materijalne štete te iznosima koeficijenta retrorefleksije s 21 državne ceste u RH, omogućila se provedba T-testa i korelacijske analize. Usporedbom retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća, došlo se do zaključka kako postoji snažna statistička povezanost obnovljenih i postojećih oznaka na kolniku s prometnim nesrećama u kojima su poginule i ozlijeđene osobe, što je dokazano vrijednošću p=0,003917802. Također, statistička značajnost dokazala se i između nastale materijalne štete postojećih i obnovljenih oznaka na kolniku te ukupnog broja poginulih, ozlijeđenih osoba i nastale materijalne štete od 2013. do 2015. godine. Usporednom analizom broja poginulih i ozlijeđenih osoba na istim državnim cestama s obnovljenim i postojećim

oznakama na kolniku, u periodu 2013.-2015., zaključilo se da zamjena i obnova postojećih oznaka na kolniku može smanjiti broj poginulih i ozlijeđenih osoba za više od duplo. Također, prosječan godišnji dnevni promet nužno je uzeti u kao značajan parametar u analizi retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća. On je svakako jedan od zanimljivih pokazatelja kretanja prometnih tokova koji bi se u buduće u ovakvom i sličnim istraživanjima mogao koristiti za daljnje analize.

Praćenjem svakodnevnog stanja na prometnicama RH, do izražaja dolaze samo crne statistike konstantnog nastanka prometnih nesreća i otkrivanja crnih točaka. Kako bi se nastavio trend smanjenja prometnih nesreća i težilo prema potpunom uklanjanju i sprečavanju nastanka istih, prometna struka, u suradnji s drugim institucijama mora osigurati kvalitetnu prometnu infrastrukturu i signalizaciju. Ne samo zadovoljavanjem minimalnih propisanih vrijednosti koeficijenata retrorefleksije, već težnjom k ostvarenju što viših, potrebno je uložiti u kvalitetne materijale oznaka na kolniku koji će osigurati dobru vidljivost u svim vremenskim uvjetima. Sustavnim praćenjem kvalitete oznaka i informiranjem vozača o značenju i važnosti pojedinih, postoji vjerojatnost da će se smanjiti prometne nesreće na cestama. Ukoliko se navedenim mjerama uspiju postići traženi ciljevi, tada će se osigurati ne samo veća sigurnost pojedinog vozača, već cjelokupnog cestovnog sustava, a to je ono čemu se teži i što je osnovni cilj prometne struke, kreirati siguran, efektivan i učinkovit sustav.

LITERATURA

[1] Hrvatske ceste d.o.o.: Brojanje prometa na cestama Republike Hrvatske 2015., Zagreb, 2016.

[2] Ščukanec, A.:Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Zagreb, 2016./2017.

[3] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, Zagreb, 2005.

[4] Babić, D., Burghardt, T. E., Babić, D.: Application and characteristics of waterborne road marking paint, Zagreb, 2015.

[5] Ščukanec, A.: Nastavni materijali iz kolegija Vizualne informacije u prometu.

[6] Benz, R. J., Pike, A. M., Kuchangi, S. P., Brackett, Q.: Serviceable pavement marking retroreflectivity levels, Texas Transportation Institute, Texas, 2009.

[7] Swarco, 10. travanj, 2017.

https://www.swarco.com/en/Products-Services/Traffic-Materials/Glass-Beads

[8] Tsyganov, A. R., Machemehl, R. B., Warrenchuk, N. M., Wang, Y.:»Before-After Comparison of Edgeline Effects on Rural Two-Lane Highways,« Texas Department of Transportation, Austin, 2006.

[9] Road marking equipment, 15. svibanj, 2017.

http://www.rme.se/

[10] Jang, Y.: Durability and retro-reflectivity of pavement markings, Indiana, 2008.

[11] Bituleit, 24 lipanj, 2017.

http://bituleit.com/en/

[12] Indiamart, 24 lipanj, 2017.

https://www.indiamart.com/takescare-indus/road-safety-product.html

[13] Babić, D., Ščukanec, A.: Vidljivost oznaka na kolniku, Zagreb, 2012.

[14] Migletz, J. G. J.: Long-Term Pavement Marking Practices Chapter Four: Traffic Crashes and Pavement Markings, Washington DC, 2002.

[15] Gibbons, R. B., Hankey J., Pashaj I.: Wet night visibility of pavement markings: executive summary, Virginia Tech Transportation Institute, Charlottesville, Virginia, 2004.

[16] Babić, D., Ščukanec, A.: Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku, Dani prometnica, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Zavod za prometnice, Zagreb, 2013, pp. 373-406.

[17] R. Hinojosa, Field Testing of Wet-Film Thickness and Dry-Film Thickness of Waterproof Coatings, 2009.

[18] Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, knjiga VI – oprema ceste, Institut Građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 2001.

[19] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Zagreb, 2001.

[20] Babić, D., Fiolić, M., Prusa, P.: Evaluation of road markings retroreflection measuring methods, European Scientific Journal, 2014.

[21] Zakon o sigurnosti prometa na cestama, (NN 67/08, 48/10)

[22] Zovak, G., Šarić, Ž.: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometno tehničke ekspertize i sigurnost, Zagreb, 2011.

[23] World report on road traffic injury prevention, 11. lipanj, 2017.

http://www.who.int/violence_injury_prevention

[24] Dravitzki, V. K., Wilkie, S. M., Lester, T. J.: »The Safety Benefits of Brighter Roadmarkings,« Land Transport, Wellington, New Zealand, 2006.

[25] Bektas, B. A., Gkritza, K., Smadi, O.: »Pavement Marking Retroreflectivity and Crash Frequency: Segmentation, Line Type, and Imputation Effects,« Journal of Transportation Engineering, svez. 142, br. 8, 2016.

[26] Hrvatske ceste d.o.o.: Brojanje prometa na cestama Republike Hrvatske 2010., Zagreb, 2011.

[27] Adminaite D, Jost G, Stipdonk H, Ward H. Ranking EU progress on road safety European Transport Safety Council. Brussels; 2016.

[28] Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske, 1.srpanj, 2017.

http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011_05_59_1321.html

[29] Ministarstvo unutarnjih poslova (interni podaci).

[30] Kontrola kvalitete retrorefleksije horizontalne i vertikalne signalizacije na državnim cestama s prikupljanjem podataka za ažuriranje baze cestovnih podataka, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2013.-2015.

[31] Statistics solutions, 12. kolovoz, 2017.
http://www.statisticssolutions.com/manova-analysis-one-sample-t-test/

[32] Biljan August M., Pivac, S., Štambuk, A.: Uporaba statistike u ekonomiji, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2009.

[33] Babić, D., Fiolić, M., Prusa, P.: The role of traffic signalization reduction accidents on the Croatian roads, Varna, 2014.

[34] https://news.pn/en/public/65650, 12. kolovoz, 2017.

POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA

Popis slika:

Slika 1. Puna uzdužna crta 4
Slika 2. Prikaz isprekidane uzdužne crte 4
Slika 3. Primjer crte upozorenja 5
Slika 4. Kratka isprekidana crta 5
Slika 5. Prikaz dvostruke pune razdjelne crte 5
Slika 6. Prikaz dvostruke isprekidane crte 6
Slika 7. Primjer dvostruke kombinirane crte 6
Slika 8. Puna crta zaustavljanja 6
Slika 9. Prikaz izlaznog i ulaznog traka 7
Slika 10. Otvaranje i zatvaranje traka namijenjenog vozilima javnog gradskog prijevoza 7
Slika 11. Graničnik 7
Slika 12. Prikaz pješačkog prijelaza bez biciklističke (H18) i s biciklističkom stazom (H19).. 8
Slika 13. Strelice na kolniku 8
Slika 14. Polja za usmjeravanja prometa 9
Slika 15. Primjeri crta usmjerenja i natpisa na kolniku 10
Slika 16. Označavanje parkirališnih mjesta 10
Slika 17. Oznaka vidljivosti u magli 10
Slika 18. Ostale oznake na kolniku u funkciji smirivanja prometa 11
Slika 19. Prikaz zrcalne refleksije 12
Slika 20. Prikaz difuzne refleksije 12
Slika 21. Prikaz sferične retrorefleksije 13
Slika 22. Refleksija zrake svjetlosti noću sa i bez staklenih kuglica 13
Slika 23. Staklene kuglice utisnute u materijal oznake 14
Slika 24. Swarcoflex staklene kuglice 15
Slika 25. Swarcolux staklene kuglice 15
Slika 26. Megalux-beads staklene kuglice 15
Slika 27. Nanošenje oznaka na kolnik izrađenih bojom 18
Slika 28. Kombinirana termoplastična oznaka na kolniku 20
Slika 29.Oznaka na kolniku izrađena hladnom plastikom 20
Slika 30.Oznake na kolniku izrađene trakom 21
Slika 31. Usporedba vidljivosti oznaka na suhom i mokrom kolniku 22
Slika 32. Prikaz promjene veličine kuta ulazne i reflektirane zrake svjetlosti ovisno o vrsti vozila 23
Slika 33. Uređaj za mjerenje debljine suhog filma boje 25
Slika 34. Ispitivanje mokrog filma boje 25
Slika 35. Vrste ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku 26
Slika 36.Tehnički uvjeti za ispitivanje noćne vidljivosti oznaka na kolniku 28
Slika 37. Grafički prikaz provođena „Kentucky metode“ 28
Slika 38. Ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku prema Njemačkom propisu ZTV M 02 29
Slika 39.Vozilo za ispitivanje vidljivosti oznaka na kolniku 30
Slika 40. Grafički prikaz dinamičkog ispitivanja oznaka na kolniku 30
Slika 41. Mogući uzročnici nastanka prometnih nesreća 31

Slika 42. Prikaz poduzetih mjera u državama i relativna promjena smrtnosti na cestama tijekom 2014. i 2015. godine 37

Popis tablica:

Tablica 1. Odnos širine središnje razdjelne crte i širine kolnika 4
Tablica 2. Kriteriji odabira potrebnog broja odsječaka prema Njemačkom propisu ZTV M 02 29
Tablica 3. Ključni parametri obnovljenih i postojećih oznaka u odabranim županijama na državnim cestama RH u periodu od 2013. do 2015. godine 40
Tablica 4. T-test broja poginulih i ozlijeđenih osoba na obnovljenim i postojećim oznakama43
Tablica 5. T-test nastale materijalne štete tijekom obnovljenih i postojećih oznaka 44
Tablica 6. T-test ukupnog broja nesreća kod obnovljenih i postojećih oznaka 44
Tablica 7. Korelacija odabranih parametara za skupinu I 45
Tablica 8. Korelacija odabranih parametara za skupinu II 46
Tablica 9. Korelacija odabranih parametara za skupinu III 47

Popis grafikona:

Grafikon 1. Stanje na cestama RH od 1994. do 2015. godine 35
Grafikon 2. Stanje sigurnosti na cestama RH u periodu 2010. - 2015. 36
Grafikon 3. Usporedba poginulih i ozlijeđenih osoba u periodu 2013.-2015. za vrijeme obnovljenih i postojećih oznaka 42
Grafikon 4. Usporedba koeficijenata retrorefleksije obnovljenih i postojećih oznaka u periodu 2013.-2015 42

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Određivanje korelacije između retrorefleksije oznaka na kolniku i prometnih nesreća** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 13.9.2017.

Maja Modrić
(potpis)